

**Fagrådet**

for vann- og avløpsteknisk  
samarbeid i indre Oslofjord



Statlig program for  
forurensningsovervåkning

Rapport nr. 701/97

# Overvåkning av forurensnings- situasjonen i indre Oslofjord 1996



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord 1996.  (Overvåkingsrapport nr. 701/97, TA-nr. 1456 /1997).	Løpenr. (for bestilling) 3686-97	Dato 1.6.97	
	Prosjektnr. Undernr. 71096	Sider 43	Pris
Forfatter(e) Jan Magnusson Torbjørn Johnsen Evy R. Lømsland Fredrik Beyer, UiO Ulf. E. Røysted, OVA	Fagområde Eutrofi sjøvann	Distribusjon Fri	
	Geografisk område Oslo-Akershus	Trykket NIVA	
Oppdragsgiver(e) Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord.			Oppdragsreferanse A. Rosendahl

## Sammen drag

Forholdene i fjorden 1996 var meget bra sammenlignet med de to foregående årene (1994 og 1995). Vannkvaliteten i overflate laget var nesten like bra som de meget gode årene 1991 og 1992. Oksygenforholdene i dypvannet var også bedre enn på lenge, med oksygen i Bunnefjorden hele året etter en god vannutskiftning vinteren 1996. Det ble imidlertid ikke observert noe liv på bunnen. Mangelen på dyreliv er trolig en effekt av det dårlige sedimentet og det kreves flere år med oksygenholdig bunnvann for å forbedre dette.

Observasjonene i 1996 bekrefter tidligere trender i fjordens forurensningsutvikling. Vannkvaliteten i overflatevannet har blitt betydelig bedre etter at det siste store renseanlegget ble tatt i drift i begynnelsen av 1980-tallet. Det har vært en liten men positiv utvikling i dypvannet i Vestfjorden, men det har foreløpig ikke blitt registrert noen positiv utvikling i Bunnefjorden. På mellomdyp (ca. 30 m) i Vestfjorden har oksygenforholdene blitt noe dårligere. De observerte positive forandringer skyldes ikke bare effekter av reduserte tilførsler av forurensninger (næringsalter og organisk stoff), men også variasjoner i dypvannsfornyelse og andre klimaavhengige variasjoner.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Forurensningsovervåking	1. Pollution Monitoring
2. Indre Oslofjord	2. Inner Oslofjord
3. Hydrografi	3. Hydrography
4. Planteplankton	4. Phytoplankton

Jan Magnusson

Prosjektleder

ISBN 82-577-3251-6

Bjørn Braaten

Forskningssjef

**FAGRÅDET FOR VANN-OG AVLØPSTEKNISK SAMARBEID**  
**I**  
**INDRE OSLOFJORD**

**Overvåking av forurensningssituasjonen i indre**  
**Oslofjord 1996**

Prosjektleder: Jan Magnusson

Medarbeidere: Fredrik Beyer, UiO

Erik Bjerknes

Unni Efraimsen

Frank Kjellberg

Torbjørn Johnsen

Evy R. Lømsland

Ulf E Røysted, OVA

Heidi Østby

## Forord

På oppdrag av **Fagrådet for vann - og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord** utfører Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) i samarbeide med Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, overvåkingsundersøkelser i Oslofjorden. Statens forurensningstilsyn (SFT) bidrar økonomisk til undersøkelsen via Fylkesmannen i Oslo og Akershus, som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking. Den faglige styringen av overvåkingsundersøkelsene er delegert til Styringsgruppe I, opprettet den 30.5.1978. Medlemmer i styringsgruppen var i 1996:

Bærum kommune VAR-etaten:	H.K .Hoff (formann)
Biologisk Institutt, UiO:	T. Andersen
Fylkesmannen Oslo og Akershus:	L. Nilsen
Oslo vann- og avløpsverk(OVA):	T. Wold
Statens forurensningstilsyn (SFT):	I. Thélin
Vestfjordens avløpsselskap(VEAS):	A. Haarr
Norsk institutt for vannforskning(NIVA):	J. Magnusson (sekretær)

Resultater fra overvåkingsprogrammet rapporteres hvert år. Foreliggende rapport fremlegger resultater fra 1996.

På de hydrografiske toktene er Universitetet i Oslos forskningsfartøy "Trygve Braarud" blitt brukt, og vi vil takke skipperne Richard Wærvågen og Sindre Holm for godt samarbeid.

Innsamling av overflatedata i Vestfjorden og Bærumsbassenget er utført av Vestfjordens avløpsselskap (VEAS) og VAR-etaten i Bærum kommune. Analyser av klorofyll-a på prøver innsamlet av VEAS og BVK ble analysert av Regionlaboratorium Vest, VAR-etaten i Bærum kommune.

I 1996 har VEAS også finansiert prøvetaking fra en stasjon ved renseanleggets utslipp. Observasjonene inngår som en del av forundersøkelsen til nitrogenrensingen ved anlegget. Rapporteringen skjer sammen med den øvrige overvåkingen.

Ved NIVA har Unni Efraimsen, Heidi Østby og Frank Kjellberg deltatt på de hydrografiske tokter og i bearbeidelsen av data. Erik Bjerknes har hatt ansvaret for gjennomføringen av overflatetoktene sommerstid. Torbjørn Johnsen og Evy R. Lømsland har analysert planteplankton og skrevet kap. 2.5.2. Fredrik Beyer, Biologisk institutt, UiO har gjennomført hyperbenthosundersøkelsene og skrevet kap. 2.4 Ulf E. Røysted, seksjon for miljøtilsyn, Oslo vann-og avløpsverk, har bidratt med overflateobservasjoner ved Osloøyene (siktedyb og bakterier) og deler av kap. 2.5.1

Oslo, 1.6.1997

Jan Magnusson

---

# **Innhold**

<b>1. INNLEDNING.</b>	<b>9</b>
1.1 Forurensningstilførsler.	9
1.2 Effekten av forurensningstilførslene.	9
1.3 Observasjoner og undersøkelser i 1996.	11
1.3.1 Overflateobservasjoner.	12
1.3.2 Kartlegging av gruntvannsområder.	13
1.3.3 Hyperbenthosundersøkelser.	13
<b>2. RESULTATER OG DISKUSJON.</b>	<b>14</b>
2.1 Klima.	14
2.2 Dypvannsfornyelser.	15
2.3 Oksygenforhold.	22
2.4 Undersøkelser av dyr på og ved bunnen (hyperbenthosundersøkelser) i 1996.	31
2.5 Overflatevannets kvalitet.	32
2.5.1 Tilstanden bedømt ut fra siktedyp, klorofyll-a (planteplanktonbiomasse) og næringssalter i 1996.	32
2.5.2 Planteplankton.	37
<b>3. LITTERATUR.</b>	<b>41</b>

---

## Sammendrag

Overvåkingsprogrammets formål er å følge utviklingen av forurensningssituasjonen i fjorden. I 1996 ble dypvannsutskiftning og oksygenforhold fulgt opp. Overflatelagets vannkvalitet ble observert ved ukentlige registreringer av siktedyp, analyse av planteplanktonbiomasse (klorofyll-*a*), planteplankton og næringssalter i tidsrommet juni-august. Av undersøkelser som ikke skal rapporteres i denne årsrapport, men som det er arbeidet med i perioden, skal nevnes hydrokjemiske observasjoner og hyperbenthosundersøkelser (undersøkelse av dyrelivet på bunn).

### Tilførsler.

Tilførselen av plantenæringsstoffer er idag (1993) ca. 3 og 6 ganger større for h.h.v. fosfor og nitrogen, sammenlignet med estimerte tilførsler i 1910. Forskjellen i utviklingen for nitrogen og fosfor skyldes gjennomførte rensetiltak (hovedsakelig fosfor) i tidsrommet 1970-90.

### Konklusjoner.

1996 har vært et bra år for indre Oslofjord. En kald og isrik vinter med stor vannutskiftning førte til gode oksygenforhold i hele vannmassen. Bunnefjorden ble tilført nytt vann, og oksygenforholdene i 1996 ble like bra som i de beste tidligere observerte år i perioden 1973-95. Imidlertid ble det ikke observert noe liv på de dypeste bunnområdet i Bunnefjorden. Sedimentene anses for dårlige og det trengs lengre tid med oksygenholdig bunnvann for at livet på bunn skal reetableres.

Overflatevannet sommerstid var også bedre enn i 1995. Sommeren var nedbørfattig og det ble ikke tatt i bruk overløp for avløpsvann som i 1995, hvor også storflommen i Drammenselva/Glomma bidro til dårlige forhold i indre fjord. Vannkvaliteten i 1996 var nesten like bra som de meget gode årene 1991 og 1992. Sammenlignet med Statens forurensningstilsyns klassifiseringsystem for miljøkvalitet i fjorder var forholdene i overflatevannet sommeren 1996 ca. en tilstandsklasse bedre enn i 1995. Tilstanden varierte fra dårlig til god, med de dårligste forholdene i Oslo havnebasseng og de beste i Vestfjorden.

Årsaken til de gode forholdene i 1996 har i stor grad vært klimabetinget, dvs. gunstige vilkår for dypvannsfornyelse og liten nedbør om sommeren med tilsvarende mindre behov for bruk av overløp. Imidlertid er det også gjort tiltak for å unngå store overløp fra Bekkelagets renseanlegg, slik det skjedde i 1995.

Forurensningstilstanden i indre Oslofjord vil imidlertid ikke kunne bedømmes ut fra et enkeltårs resultater, men 1996 vil forsterke inntrykket av den positive utviklingen i overflatelaget, som siden begynnelsen av 1980-tallet har blitt bedre. Siktedypet sommerstid har økt og planteplanktonbiomassen (målt som klorofyll-*a*) har avtatt i fjordens overflatevann (0-2m). Konklusjonene fra tidligere årsrapporter gjelder fortsatt: Det har skjedd en forbedring av forurensningssituasjonen i fjordens overflatelag som følge av rensetekniske tiltak, men et forbehold må tas for de spesielle klimatiske forhold de senere år.

Utviklingen i fjordens dypvann er dessverre ikke like klart positiv. Siden 1930-tallet har oksygenforholdene blitt stadig dårligere og synes å ha kulminert på 1970-tallet. I Vestfjordens dypvann er det nå en liten, men signifikant positiv oksygenutvikling (basert på observasjoner i oktober måned). Denne utvikling skyldes ikke bare rensetiltak, men også at dypvannsfornyelsen de senere år har vært god og dessuten startet tidlig om høsten. På mellomnivåer (ca. 30 m dyp) har

oksygenkonsentrasjonen vært avtakende siden begynnelsen av 1980-tallet, men også her har de senere års tidlige vannutskiftning hatt en positiv effekt.

I Bunnefjorden har de senere års dårlige vannutskiftning snudd en liten men positiv utvikling i dypvannets oksygenforhold. De gode forholdene i 1996 har ikke forandret dette. Det kreves flere gode år innen en forandring kan bli påvist med sikkerhet. De tentative mål som er satt opp for Bunnefjorden er fortsatt ikke nådd.

Oksygenforholdene i Drøbaksundet var gjennomgående dårligere i dypvannet i 1996, sammenlignet med forholdene 1973-82. Det er imidlertid ikke noen statistisk signifikant negativ oksygenutvikling i 1973-96.

Planteplanktonsituasjonen i 1996 bar preg av en stor oppblomstring i slutten av juni og begynnelsen av juli. I Bunnefjorden ble det observert en betydelig oppblomstring av to *Dinophysis*-arter i så store mengder at verdiene for begge arter var langt over grensen for bandlegging av skjellplukking til konsum. I juli var fjordens overflatevann grønnblakket, som følge av oppblomstringen av *Emiliania huxleyi*. Samme farge på overflatevannet ble også observert i Skagerrak (mellom Tønsberg og Skagen), samt langs Sørlandskysten. I august var algemengden redusert i indre Oslofjord, men i oktober ble det på ny observert en oppblomstring (*Ceratium furca*), som farget vannet rød/brunt.

### **Tilrådinger:**

De tilrådinger som her fremstilles er omtrent de samme som i forrige årsrapport.

Oppmerksomhet bør rettes mot:

- De ofte forekommende lave oksygenkonsentrasjoner på mellomdyp i Vestfjorden.
- Siste års meget lave oksygenkonsentrasjoner nær overflaten om høsten i Bunnefjorden.
- Oksygenforholdene i Drøbaksundet som tidvis kan gi lavere oksygentransport til indre Oslofjord.
- Klimaeffektens innflytelse på dypvannsfornyelsen i fjorden.
- Forekomsten og effekten av miljøgifter i organismer.
- "Ukontrollerte" utslipp via overløp og elver.

En forbedring av oksygenforholdene krever en ytterligere avlastning i den totale organiske belastningen på fjordens dypvann. Den generelt dårlige vannutskiftningen i Bunnefjorden, sammenlignet med de senere års vannutskiftning i Vestfjorden aktualiserer ønsket om ad kunstig vei å øke dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden. Det anbefales å vurdere dette ytterligere. Et slikt tiltak vil ikke kunne erstatte en reduksjon i de antropogene tilførselene, men kan påskynde en forventet naturlig forbedring av forholdene som følge av rensetiltak, og kan brukes for å unngå ekstremtilstand i enkelte år med spesielt dårlig dypvannsfornyelse.

## Summary

Title: Pollution situation in the inner Oslofjord, 1996

Year: 1997

Author: Jan Magnusson, Fredrik Beyer (UiO), Torbjørn Johnsen, Evy R. Lømsland, and Ulf. E. Røysted (OVA).

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3251-6.

The monitoring programme of the inner Oslofjord in 1996 covers the pollution status of the fjord mainly due to the development of the eutrophication situation. In 1996, deep-water exchange and oxygen conditions were observed, as well as the surface water quality during the summer months (June - August) by weekly observations of secchi depth, phytoplankton biomass (chlorophyll-*a*) and nutrients.

Hydrochemical data and observations of hyperbenthos was also made in 1996, but these data will be reported later.

### **Pollution load.**

The load of nutrients (mainly from municipal sewage) has increased about 3 (phosphorus) to 6 (nitrogen) times, compared with estimated load in 1910. The difference in increase between phosphorus and nitrogen depends on establishing of purification plants (chemical treatment) between 1970-90.

### **Conclusions.**

1996 was an encouraging year for the environment of the inner Oslofjord. A cold winter resulted in climatic favourable conditions for a large deep water exchange and good oxygen conditions in the entire water mass. As a result, the oxygen conditions in the Bunnefjord in 1996 can be compared with the best years in the period 1973-95. However, in spite of the good conditions, there were no observations of bottom fauna in the deepest parts of the fjord, due to anoxic sediments.

The surface water quality in the summer was also better than in 1995. The summer was dry and there was no use of free overflows from the sewage system as in 1995, when also the flooding of the rivers Glomma and Drammenselv influenced the situation. The surface water quality was almost as good as the very best years in 1991 and 1992.

The improved conditions in 1996 were mainly a function of a favourable climate, primary positive conditions for deep water renewal, little precipitation in the summer and as a consequence, little need for use of free overflows from the sewage system. Additionally, technical improvements of the sewage system to minimise free overflows have probably also contributed.

One year observations and results are not sufficient to estimate the state of pollution in the inner Oslofjord. The results from 1996 will, however, strengthen the positive development in the surface layer, which started in the beginning of the 1980's. The secchi depth has increased in the summer and the phytoplankton biomass (chlorophyll-*a*) has decreased in the surface water. Earlier conclusions are still valid: There has been an improvement in the fjords surface layer after the establishing of purification plants, but the improvement is also a consequence of climatic variations.

The environmental quality, as classified by the State pollution authorities in relation to the impact of nutrients on the surface layer, was about one quality class better in 1996 than in 1995. The water



quality varied from good to bad, with the worst conditions in the harbour basin and the best in the Vestfjord.

The trend in the deep water is unfortunately not as positive as for the surface layer. Since the 1930's the oxygen conditions have worsened gradually and seems to culminate in the 1970's. In the deep water in the Vestfjord, there are now a small but positive development (based on observations in October). The positive development is not an effect of decreasing sewage load alone, but also of climatic variations, as water renewals in this part of the fjord has started as early as in October in recent years. At about 30 m depth the autumn oxygen concentration has been decreasing since the beginning of the 1980's, but the early water renewals in later years have had a positive effect.

A small positive development in the deep water of the Bunnefjord has been interrupted, as a consequence of poor deep water renewal in the period preceding 1996. The large renewal in 1996 has not changed this. The fjord needs several years with oxygen in the bottom water before a significant positive change can be observed. The tentative goals for the deep water in the Bunnefjord are still not reached.

The deep water oxygen concentration in the Drøbak Sound were lower in 1996, compared with observations from 1973-82. There is, however, no significant negative trend from 1973-96.

The phytoplankton blooms in 1996 was characterised by a large amount of two potentially toxic species of *Dinophysis* in the end of June. The amount was greater than the restriction limits for consume of mussels. About the same time a large bloom of *Emiliana huxleyi* coloured the surface water of the inner fjord turquoise. The bloom was not local as it was observed (by colour) between Skagen and Tønsberg and reported from the Norwegian south coast. In august the amount of plankton was reduced but in October a bloom of *Ceratium furca* mis - coloured the surface water.

### **Recommendations.**

The recommendations are almost the same as in earlier reports, thus special attention should be paid to:

- The low oxygen concentrations frequently observed at medium depth in the Vestfjord.
- Last years very low autumn oxygen concentration near the surface layer in the Bunnefjorden.
- The oxygen concentrations in the Drøbak sound, occasionally causing reduced oxygen transport to the inner Oslofjord.
- The influence of climatic changes on the deep water renewal.
- The distribution and effects of micropollutants in organisms.
- "Uncontrolled" discharge through river and free overflows from the sewage system.

An improvement of the oxygen conditions demands further reduction of the total organic load in the deep water of the fjord. The small water exchange in the Bunnefjord, compared with the later years deep water exchange in the Vestfjord, accentuate the goal to improve the water exchange in this part of the fjord by technical means. We recommend that this idea is further explored. Such a manipulation will not substitute a reduction in anthropogenic load, but speed up the process of expected natural improvement from further reduction of the organic load, and can be used in extreme situations, which means, years with naturally bad conditions for a deep water exchange.

# 1. Innledning.

Overvåkingsprogrammet i indre Oslofjord er geografisk begrenset til den sørlige delen av Drøbaksundet (Filtvedt), men har sin hovedtyngde innenfor Drøbak.

Formålet med overvåkingen er:

- følge utvikling og tilstand i fjorden over tid
- gi løpende informasjon om forurensningstilstanden
- utvide kjennskap til prosesser i fjorden ved sammenligning av observasjoner i nåtid og fortid
- vurdere effekten av rensetiltak og det eventuelle behovet for ytterligere reduksjoner av tilførsler

I 1996 bestod overvåkingsprogrammet av fem deler: Overvåking av dypvannsfornyelse og oksygenforhold, hydrokjemiske observasjoner (forundersøkelser til planlagt nitrogenrensing), overflatelagets vannkvalitet målt ved siktedyp, klorofyll-a (planteplanktonbiomasse) og næringssalter, observasjoner av dyresamfunnet ved bunn (hyperbenthos) samt kartlegging av gruntvannsområder (metodeprosjekt, med støtte fra KOMTEK, for å produsere biogeografiske kart).

## 1.1 Forurensningstilførsler.

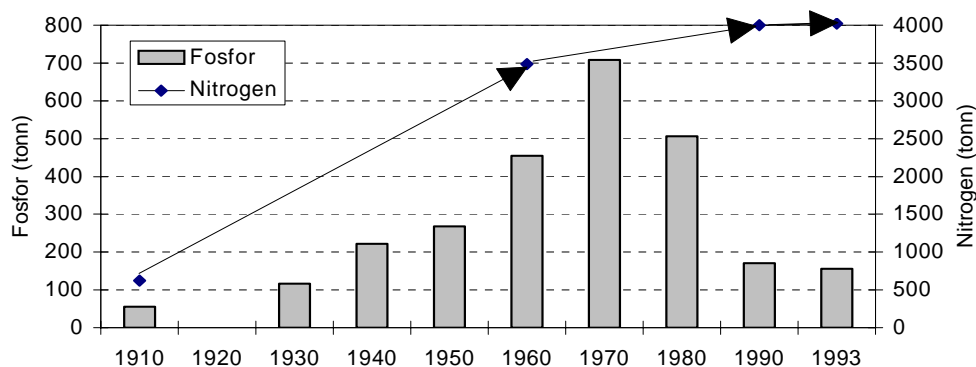
Den dominerende forurensningstilførselen til indre Oslofjord er kommunalt og industrielt avløpsvann. Dagens tilførsler (1993) er ca. 156 tonn fosfor, 4000 tonn nitrogen (Wivestad, 1995) og ca. 12 000 tonn organisk stoff (TOC) pr. år. Sammenlignet med beregnede utslipp for året 1910 (Holtan 1990) er fosfortilførslen ca. 3 ganger større og nitrogentilførslen ca 6.5 ganger større (**Figur 1**).

Renseanleggene ved fjorden fjerner i hovedsak fosfor og en del organisk stoff, men lite nitrogen. Utbyggingen av renseanlegg for fjerning av næringssalter og organisk stoff startet i begynnelsen av 1970-tallet, og det siste store renseanlegget ble satt i full drift år 1983 (Sentralrenseanlegg Vest).

## 1.2 Effekten av forurensningstilførslene.

Overvåkingsprogrammet konsentrerer seg i første rekke om eutrofieffektene (overgjødslingen) i fjorden, men i 1992-93 ble også miljøgiftsituasjonen i fjorden kartlagt (miljøgifter i sedimenter og organismer).

Den store næringsalttilførslen gir en økt primærproduksjon og en større planteplanktonbiomasse enn naturlig. Gjennomsnittet i vannet avtar (lite siktedyp). Den organiske belastningen på fjordens dypere vannmasser blir stor når planteplankton synker ut av fotosyntesesonen. Planteplanktonet nedbrytes av bakterier ved oksygenforbrukende prosesser og det livsviktige oksygenet i fjordens dypvann kan til tider (spesielt om høsten) bli så lavt at det får negative følger for fjordens dyreliv. Enkelte ganger blir oksygenet helt brukt opp og det dannes hydrogensulfid (råttent vann), en dødelig gift for nesten alt marint liv.



**Figur 1.** Landbasert fosfor - og nitrogentilførsel til indre Oslofjord 1910 - 1993. (Fra Bergstøl m.fl., 1981, Baalsrud m.fl. 1986, Holtan, 1990 og Wivestad, 1995.)

I Bærumsbassenget og til dels Bekkelagsbassenget har det hittil blitt dannet hydrogensulfidholdige vannmasser hvert år. I Bunnefjorden og Lysakerfjorden kan det enkelte år bli registrert til dels store mengder råttent vann. I Vestfjorden blir oksygenkonsentrasjonen normalt lav om høsten, men foreløpig er det ikke registrert hydrogensulfid unntatt i enkelte lokale dyphull. De store variasjonene gjennom året og variasjonene fra år til år skyldes i det alt vesentlige variasjonen i dypvannsfornyelsene vinterstid som tilfører fjorden oksygenrikt vann fra ytre Oslofjord. I den senere tid er det også registrert periodevis noe reduserte oksygenkonsentrasjoner i Drøbaksundet, noe som tidvis kan gi mindre tilførsel av oksygen til indre Oslofjord.

Overgjødslingen av fjorden forandrer fjordens økosystem. Den begunstiger arter som har evne til å dra nytte av det forandrede miljøet, som eksempelvis hurtigvoksende grønnalger langs strendene i fjorden. Konkurransforholdet mellom de fastsittende alger er blitt forandret (Bokn 1979) og det er registrert færre arter av zooplankton, og store bunnområder er uten liv (Beyer 1967). Lokalt har dessuten industriutslipp forringet fjordmiljøet f.eks. ved Slemmestad (støvutslipp og miljøgifter som dekker fjordbunnen) og ved Sætre (nedsatt pH, høye nitrogenkonsentrasjoner i vann samt forhøyde konsentrasjoner av PCB i sediment). I tillegg er den diffuse tilførsel av miljøgifter fra industri og andre kilder et problem. Høsten 1991 ble det observert store miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentene i havnebassenget i Oslo (Konieczny 1992). I undersøkelsene fra 1993 er det vist at problemet ikke bare er begrenset til Oslo havnebasseng, selv om det bare unntaksvis er registrert like høye konsentrasjoner av miljøgifter i andre deler av fjorden (Konieczny, 1994). Observasjoner av enkelte miljøgifter i organismer i 1992 (Green og Knutzen, 1993), førte til at Statens næringsmiddelstilsyn (SNT) advarte mot konsum av lever i torsk fanget i fjorden innenfor Drøbak, som følge av forhøyd PCB-konsentrasjon. Miljøgiftsproblemet må sies å være et betydelig problem i indre Oslofjord (Magnusson m. fl., 1995).

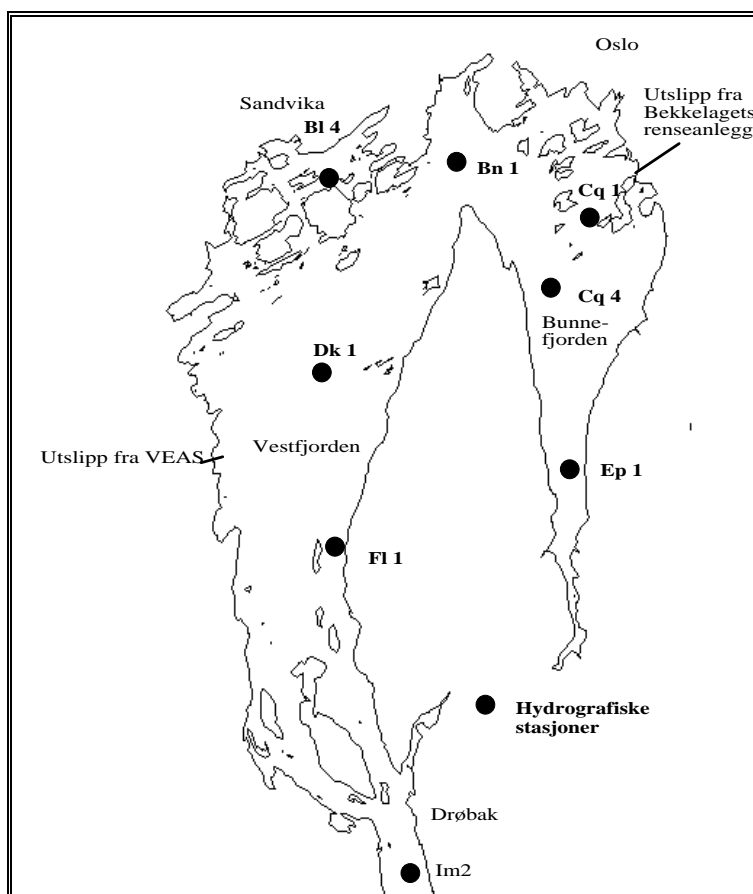
Prosjektet gjennomføres etter en langtidsplan for overvåkingen av fjorden. En ny langtidsplan er under bearbeidelse for de neste 10 årene. Den praktiske utførelsen gjennomføres av ulike institusjoner, først og fremst Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo og NIVA.

### 1.3 Observasjoner og undersøkelser i 1996.

Toktvirksomheten fremgår av **Tabell 1** og stasjonsnett av figur 2. Stasjon Ek 3 ble finansiert av VEAS i 1996.

**Tabell 1.** Hydrografiske tokt i indre Oslofjord 1996.

Dato og stasjoner	Dato og stasjoner
21.2.96 Ep 1 (tatt fra isen)	20.8.96 Bl4, Bn1, Cq1, Ep1, Dk1, Ek3, Fl1, Im2
22.3.96 Bn1, Cq1, Dk1, Fl1, Im2	21.10.96 Bl4, Bn1, Cq1, Ep1, Dk1, Ek3, Fl1, Im2
11.4.96 Bn1, Cq1, Cq4, Dk1, Fl1, Im2	12.12.96 Bl4, Bn1, Cq1, Ep1, Dk1, Ek3, Fl1, Im2
22.5.96 Bl4, Bn1, Cq1, Ep1, Dk1, Fl1, Im2	



**Figur 2.** Hydrografiske stasjoner i 1996.

De hydrografiske toktene ble gjennomført med F/F Trygve Braarud, UiO. Vannprøver ble innsamlet fra overflaten og i 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125 og 150 meters dyp. På enkelte stasjoner ble det tatt ytterligere et par dyp. Temperatur og saltholdighet ble observert med Neil Brown CTD (Mark IIIb). På noen stasjoner i de dypeste områdene ble også vannprøver innsamlet til analyse på laboratoriet for å kontrollere CTD -observasjonene. Videre ble siktedypet observert og klorofyll-a

analysert på vann fra 0-2 meters dyp, samt oksygen fra samtlige standarddyp. Fra overflaten på samtlige stasjoner og på standarddyp på tre stasjoner (Ep1(Cq4), Dk1, Ek3 og Im2) ble vannet analysert på næringssaltsinnhold (Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og SiO<sub>2</sub>). Analyser ble gjennomført ved NIVA, etter standard analysemetoder for sjøvann.

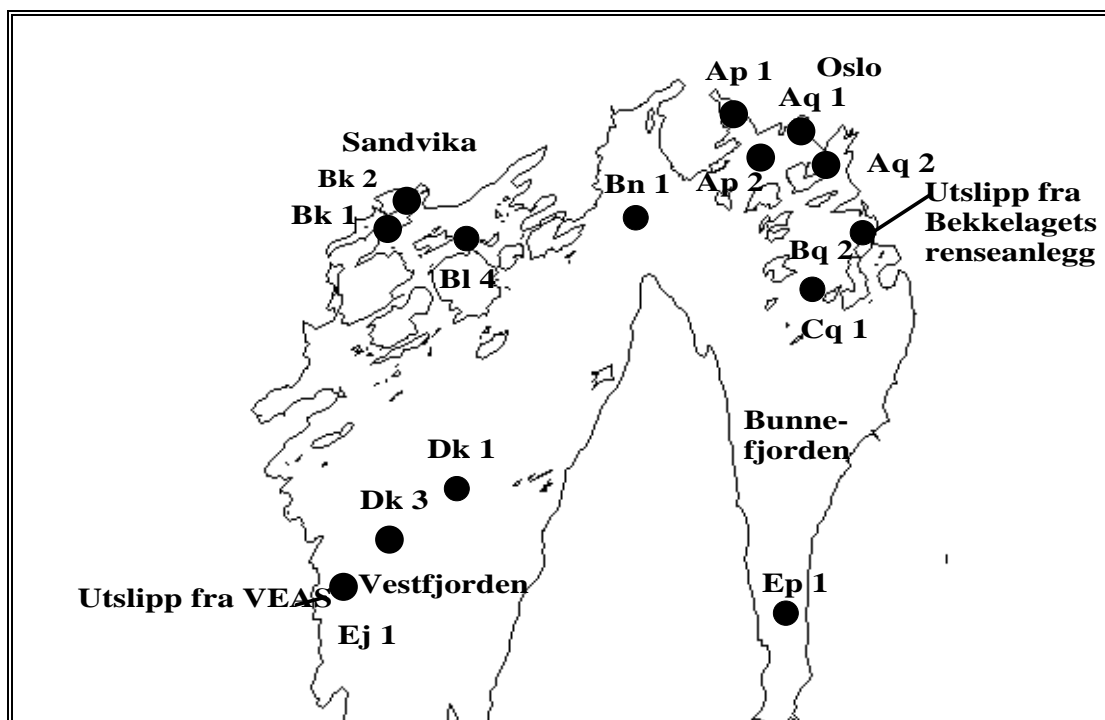
### 1.3.1 Overflateobservasjoner.

Overflateobservasjoner ble innsamlet vinterstid (2 tokt) og sommerstid. Vintertoktene er gjennomført for å samle inn opplysninger om vinterkonsentrasjoner av næringssalter før planlagte nitrogenreduskjoner.

I juni-august ble det gjennomført omtrent ukentlige tokter til 14 stasjoner i indre Oslofjord (**Tabell 2**). Det ble tatt prøver til analyse av planteplankton og klorofyll-a (0-2m), observert siktedyp, samt foretatt analyser av næringssalter (Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og SiO<sub>2</sub>). Næringssalter ble bare analysert på vannprøver fra stasjonene Dk1, Bl4, Bn1, Ap2, Cq1 og Ep1. Kvantitative planteplanktonprøver ble tatt fra 0-2 meters dyp og konserverte med neutralisert formalin. Kvalitative vertikaltrekk (0-10 m dyp) av planteplankton ble tatt med håv (10 µ) og konserverte med neutralisert formalin. Vannprøver og observasjoner ble tatt av Vestfjordens avløpsselskap (VEAS) og Bærums vann- og kloakkvesen (BVK) (Vestfjorden og Bærumbassenget) og NIVA (Lysakerfjorden, havnebassenget, Bekkelagsbassenget og Bunnefjorden). **Tabell 2** viser gjennomførte tokt i 1995. Planteplanktonprøver ble kun innsamlet på stasjonene Ap2, Bl4, Bn1, Bq2, Dk1 og Ep1. Analyser er gjennomført på kvantitative prøver fra stasjon Dk1. Samtlige analyser ble gjennomført på NIVA, unntatt klorofyll -a på stasjonene Dk1, Ej1 og Bl4 som ble analysert på Regionlaboratorium Vest, VAR-etaten i Bærum kommune.

**Tabell 2.** Overflateobservasjoner juni til august i 1996 (næringssalter, siktedyp og klorofyll-a).

<b>Stasjoner:</b> Ap1,Ap2,Bn1,Bq2,Cq1, Ep1,Aq1 og Aq2.	<b>Stasjoner:</b> Bk1,Bk2,Bl4,Ej1, Dk1,Dk3.
<b>Observatør:</b> OVA og NIVA	<b>Observatør:</b> BVK og VEAS
<b>Dato:</b> 5.6, 12-13.6, 24.6, 1.7, 8.7, 15.7, 25.7, 31.7, 6.8, 13.8, 20.8, 27.8	<b>Dato:</b> 13.6, 19.6, 27.6, 8.7, 12.7, 19.7, 25.7, 31.7, 7.8, 14.8, 20.8, 21.8, 28.8



**Figur 3.** Stasjonsnett for overflateobservasjoner, juni-august 1996.

### 1.3.2 Kartlegging av gruntvannsområder.

Et metodeprosjekt med praktisk tillemping på en del av indre Oslofjord (Fornebulandet) er startet opp. Prosjektet skal munne ut i en metode for å beskrive forhold av interesse for den kommunale planleggingen av strand-og fjordområder. Det er i denne sammenheng av spesiell vekt å ha kjennskap til hvilke strandområder som kan være spesielt følsomme eller sårbare for inngrep, eller annen type informasjon som f.eks. spesielt forurensede bunnsedimenter m.m. Arbeidet startet i 1995, og i 1996 fikk prosjektet også økonomisk støtte av Norges forskningsråd (KOMTEK). Utkast til rapport foreligger (januar 1997).

### 1.3.3 Hyperbenthosundersøkelser.

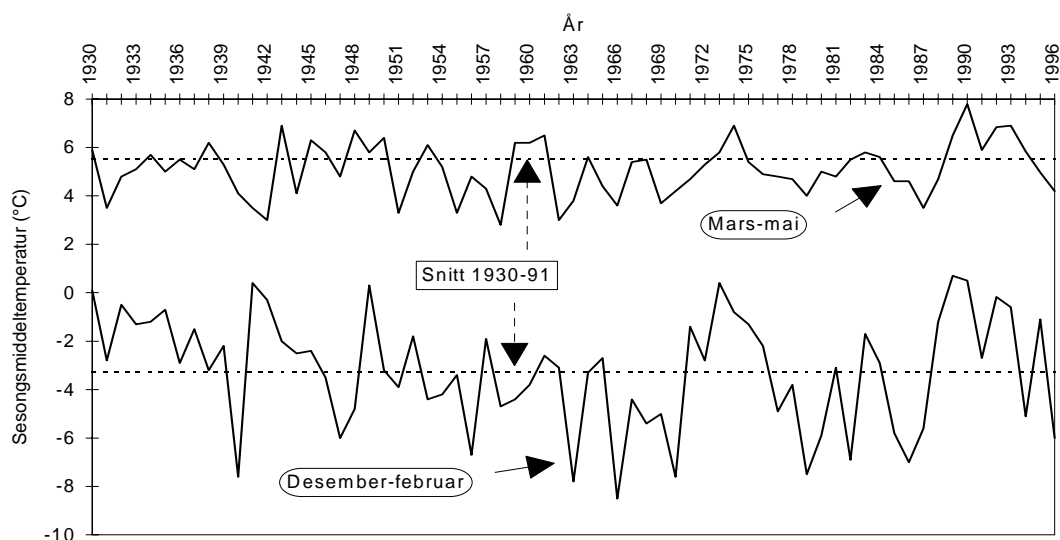
Observasjoner av dyr på og like ved bunnen gjennom lang tid (1952-93) ble rapportert i 1995 (Beyer og Indrehus, 1995). Slike undersøkelser har også blitt gjennomført høsten 1996 (10-11.10.96). Dessuten ble det tatt prøver på 6 lokaliteter i juni, samt prøver i Breiangen, Holmestrandsfjorden og utenfor Horten i samarbeide med professor M. Abdullah ved Biologisk institutt, UiO. Undersøkelsene ble gjennomført av Fredrik Beyer ved Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.

## 2. Resultater og diskusjon.

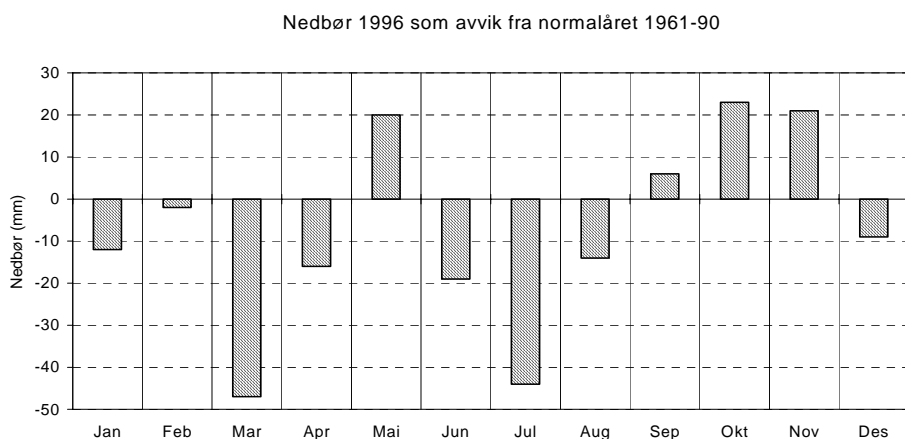
### 2.1 Klima.

Etter flere år med unormalt varme vintre (1988-1993) var vinter/vår 1996 betydelig kaldere enn normalt (**Figur 4**). Sommer/høst var derimot forholdene omtrent normale. Nedbøren var mindre, tildels betydelig mindre enn normalt, unntatt mai og høsten 1996 (**Figur 5**). Liten nedbør betyr også liten direkte ferskvannstilførsel via elver til fjorden og derved minket behov for bruk av overløp fra renseanleggene.

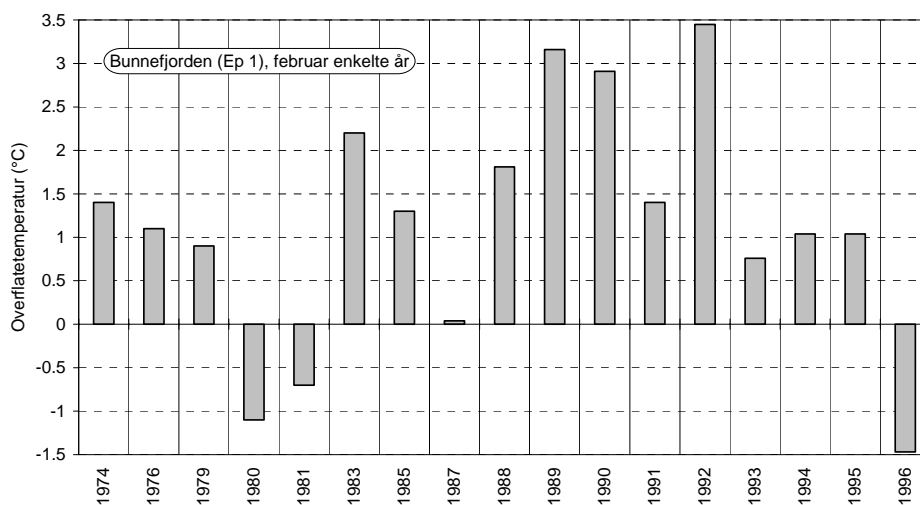
Den kalde vinteren forårsaket islegging av større deler av indre Oslofjord i januar og februar. I april var det fortsatt is i sørlige deler av Bunnefjorden og i Bærumsbassenget. Overflatevannets temperatur i Bunnefjorden i februar avspeiler dette (**Figur 6**).



**Figur 4.** Sesongmiddeltemperatur (°C) ved Blindern 1930-96 (Data fra Meteorologisk institutt).



**Figur 5.** Nedbør ved Blindern 1996. Avvik fra normalen 1960-90 (data fra Meteorologisk institutt).



**Figur 6.** Overflatevannets temperatur (°C) i Bunnefjorden (Ep 1) enkelte år i februar måned.

## 2.2 Dypvannsfornyelser.

Vannkvaliteten i indre Oslofjord påvirkes av tilførte forurensninger fra land i området og tilført mengde og kvalitet på "nytt" vann fra ytre Oslofjord/Skagerrak. Kloakkutslippene fra renseanleggene, som dominerer tilførselen av plantenæringsstoffer og organisk stoff fra land, er tilnærmet konstante over året, mens tilførsel fra andre kilder via elvene, variere med nedbør. Bruk av overløp til renseanleggene følger også nedbør eller flom i samband med snøsmelting.

Dypvannsfornyelsene er normalt begrenset til november-juni og vanligst forekommende i januar-april. Vannkvaliteten i Oslofjorden vil derfor variere over året med de "beste" forhold i tiden etter en dypvannsfornyelse vinterstid og de dårligste forhold på senhøsten. Imidlertid er det bare i Vestfjorden det normalt er årlige dypvannsfornyelser. I Bunnefjorden kan det gå flere år mellom hver større vannutskiftning, men hvert år vil alltid litt vann også tilføres Bunnefjorden på mellomnivåer og gjennom diffusive prosesser også i noen grad til dypvannet.

Størrelsen (og derved effekten) av dypvannsfornyelsen i fjorden varierer fra år til år. Det er varierende meteorologiske forhold, samt de hydrografiske forholdene i Skagerrak/Nordsjøen som er avgjørende for resultatet. Generelt gunstige forhold sammenfaller ofte med kalde vintre med liten ferskvannstilførsel til Kattegat/Skagerrak, liten utstrømning av brakkvann fra Østersjøen, samt nordøstlige vinder over ytre Oslofjord. I milde vintre dominerer lavtrykk over området med mer sørvestlige vinder og mye nedbør, hvilket normalt gir dårligere dypvannsfornyelser i Oslofjorden.

Det innstrømmende vannet fra ytre Oslofjord har normalt et betydelig høyere oksygeninnhold og lavere næringssaltkonsentrasjon enn det gamle dypvannet inne i fjorden. Når det nye dypvannet strømmer inn over Drøbakerskelen, blandes det med gammelt fjordvann. Stor tetthetsforskjell og langvarige, sammenhengende innstrømninger er gunstige i det en får liten innblanding og effektiv utskiftning. Variasjoner fra år til år i selve utskiftningsprosessen kan således gi forskjellig utgangskvalitet på dypvannet i fjorden. Slik vil naturlige variasjoner gi årlige variasjoner i Oslofjordens vannkvalitet uten at forurensningsbelastningen i vesentlig grad forandres.



Dessverre har det vist seg at oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet om høsten har avtatt noe gjennom de siste 50 årene (Magnusson og Johnsen, 1994, Johannesen og Dahl, 1996). På tross av at den midlere reduksjonen er relativt beskjeden, vil den være av betydning for tilførselen av oksygen til indre Oslofjord. Også ved normal dypvannsfornyelse vil derfor fjorden idag tidvis tilføres mindre oksygen fra ytre Oslofjord enn tidligere.

Den årlige dypvannsfornyelsen, dvs. vannfornyelsen på dyp større enn 20 meter, er beregnet ut fra hydrografiske observasjoner i Bunnefjorden (Ep1), Vestfjorden (Dk1 og Fl1) og Drøbaksundet (Im2), (se **Figur 2**). Beregningen bygger på sporing av vannmasser i temperatur/-saltholdighetsdiagrammer (T/S-diagrammer). Det er imidlertid relativt store vertikale gradienter i saltholdighet og temperatur i det innstrømmende vannet, hvilket gjør beregningene usikre. Det er derfor valgt å bruke totalfosfor, som i regel har mindre variasjon i det innstrømmende vannet (små vertikale gradienter). Resultatet er kontrollert mot oksygen. Ettersom totalfosfor og oksygen ikke er konservative variable, vil det ikke oppnås fullstendig overensstemmelse. Dessuten er vannutskiftningen basert på enkelte stasjoner som Fl1 og Dk1 for hele Vestfjorden. Således er de beregnede dypvannsfornyelsene å betrakte som *relative* tall, dvs. de gir et bilde av variasjonen fra år til år, men ikke med helt riktige absolutte verdier. Beregningene i 1995-96 ble mer usikre enn normalt (vanskelig å finne riktige verdier på vannet som skiftet ut dypvannet i indre fjord).

Beregningene av dypvannsfornyelsen følger ikke kalenderår. Isteden brukes tidsrommet 1.10 - 30.9. Den hydrografiske utviklingen er vist i figurene 7-10 for oktober 1995 til desember 1996.

Dypvannsfornyelsen startet i oktober 1995, med en utskiftning på mellomnivåer i Vestfjorden (25-60 meters dyp), etterfulgt av en større fornyelse i desember/februar 1996 i hele indre Oslofjord (**Figur 7**). Dypvannsfornyelsen fortsatte i april/mai og de høyeste oksygenkonsentrasjonene ble observert i Bunnefjordens dypvann i mai 1996 (**Figur 8**). Fra mai til desember var det ingen dypvannsfornyelse i indre fjord.

I Drøbaksundet (**Figur 9** og **Figur 10**) startet dypvannsfornyelsen i desember 1995 og ytterligere fornyelser ble registrert frem til april 1996. Etter mai 1996 var det ingen ny dypvannsfornyelse som påvirket vannet fra ca. 80 meters dyp til bunn, men desember 1996 startet en fornyelse på høyere nivåer (< 60 meters dyp).

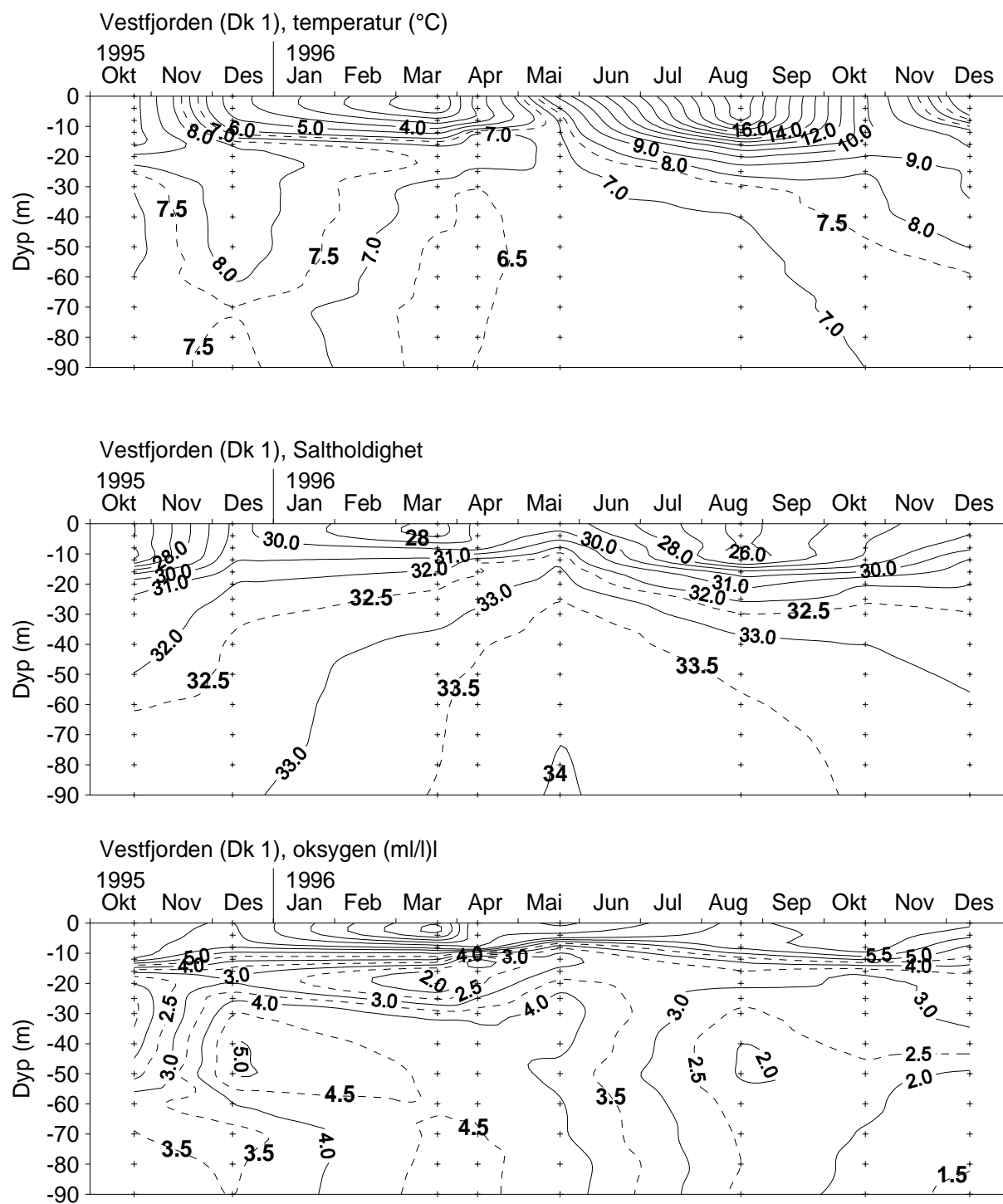
Sammenlignet med tidligere år var dypvannsfornyelsen i fjorden som helhet klart over det normale (**Tabell 3** og **Figur 11**).

Dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden var spesielt bra i 1996. Etter en lengre periode med økende temperatur i bunnvannet, avtakende saltholdighet og derved avtakende egenvekt ( $\sigma_t$ ) er nå egenvekten nesten like høy som i begynnelsen på 1970-tallet, hvor også vannutskiftningen var god som i 1974 (**Figur 12**). Spesielt har perioden 1988-1996 vært dårlig, sammenfallende med en rekke år med meget milde vintrer (**Figur 4**). Imidlertid vil den høye egenvekten på dypvannet være mindre gunstig for å få en ny større dypvannsfornyelse de nærmeste årene.

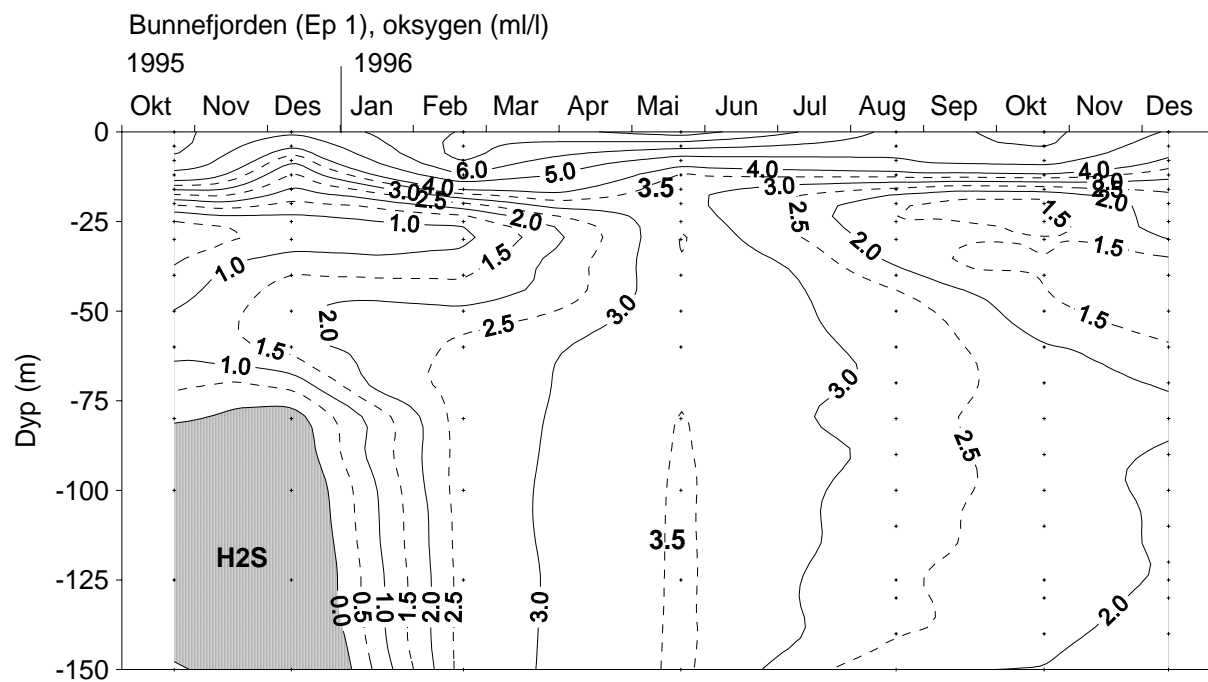
**Tabell 3.** Beregnet *relativ* dypvannsfornyelse (20 meters dyp til bunn) for hele indre Oslofjord, 1973-1996.

År	Dypvannsfornyelse (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp)	År	Dypvannsfornyelse (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp)
1973	1200	20	1985	4400	74
1974	8300	140	1986	4400	74
1975	1200	20	1987	3700	62
1976	3300	55	1988	6600	110
1977	5900	100	1989	2300	39
1978	2800	45	1990	2900	50
1979	3700	60	1991	6530	110
1980	3200	54	1992	4800	80
1981	3200	54	1993	4810	80
1982	4600	77	1994	6500	109
1983	2100	35	1995	5600	94
1984	6300	106	1996	6400	107

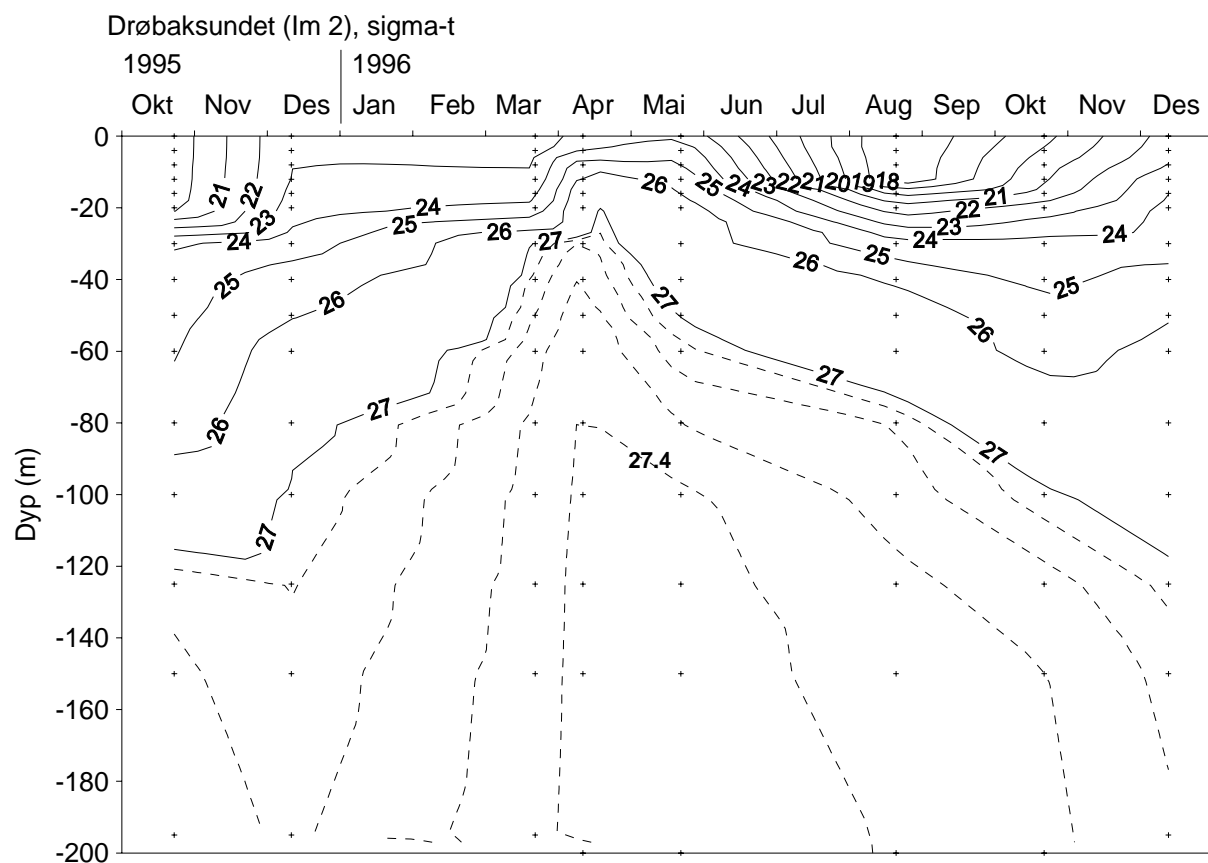
Gjennomsnittlig fornyelse 1973-92: ca. 4000\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>



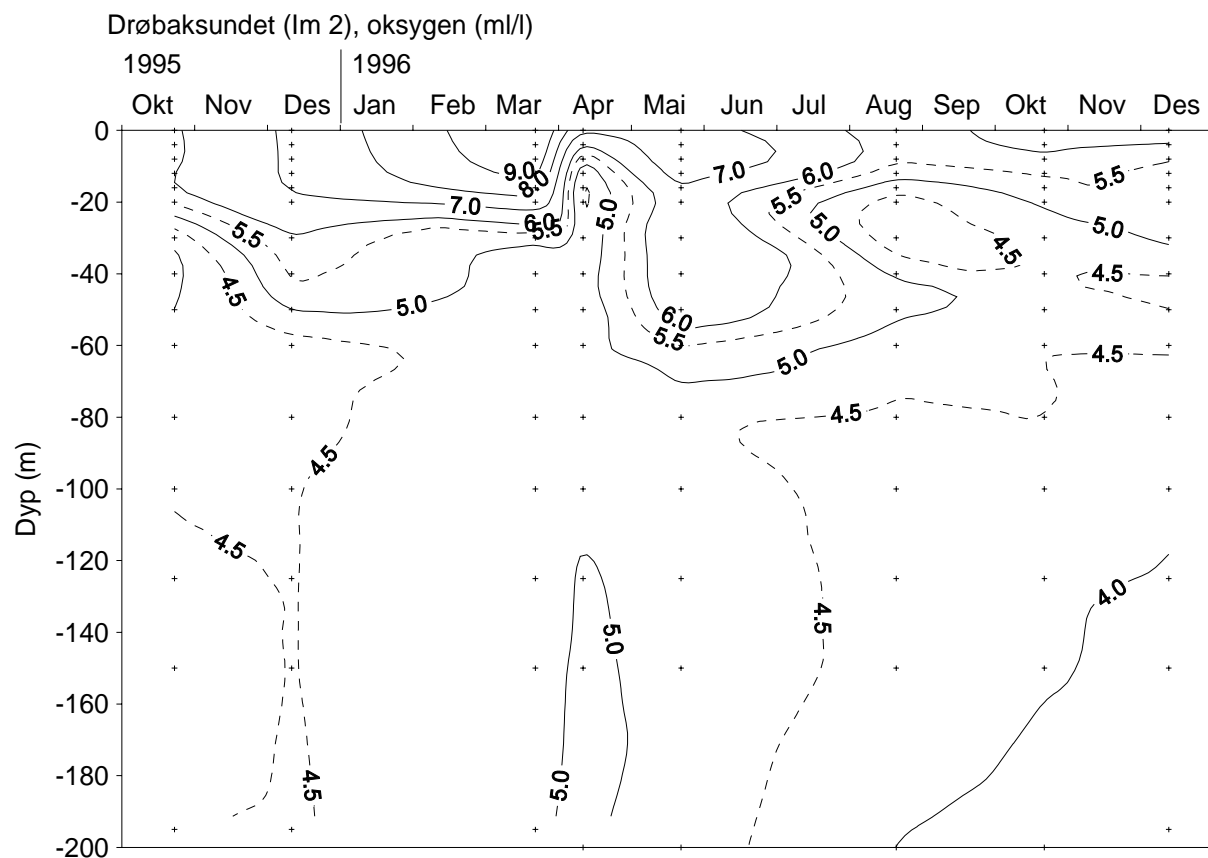
**Figur 7.** Temperatur (°C), saltholdighet og oksygen (ml/l) i Vestfjorden (Dk 1), oktober 1995 til desember 1996.



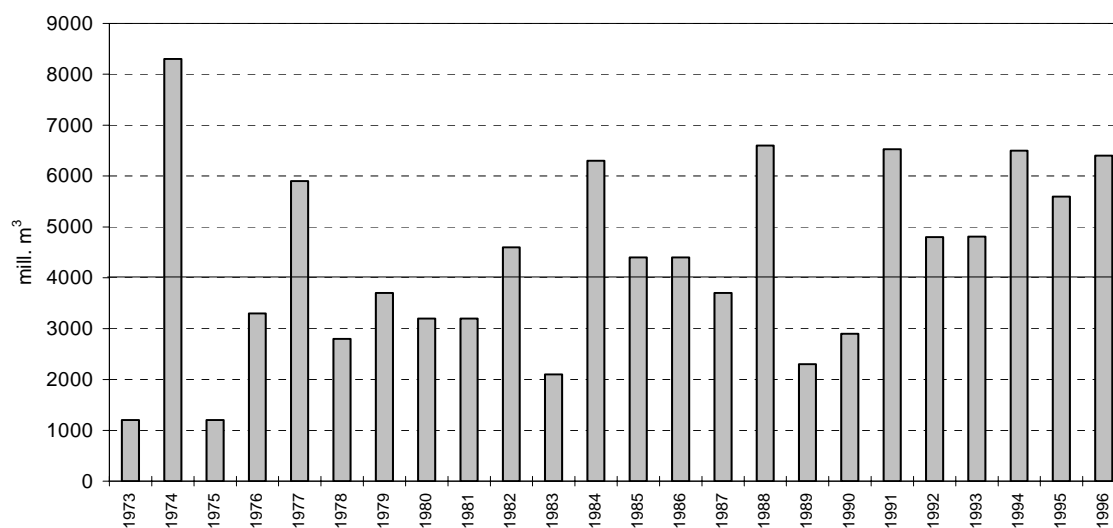
**Figur 8.** Oksygen (ml/l) i Bunnefjorden, oktober 1995 til desember 1996.



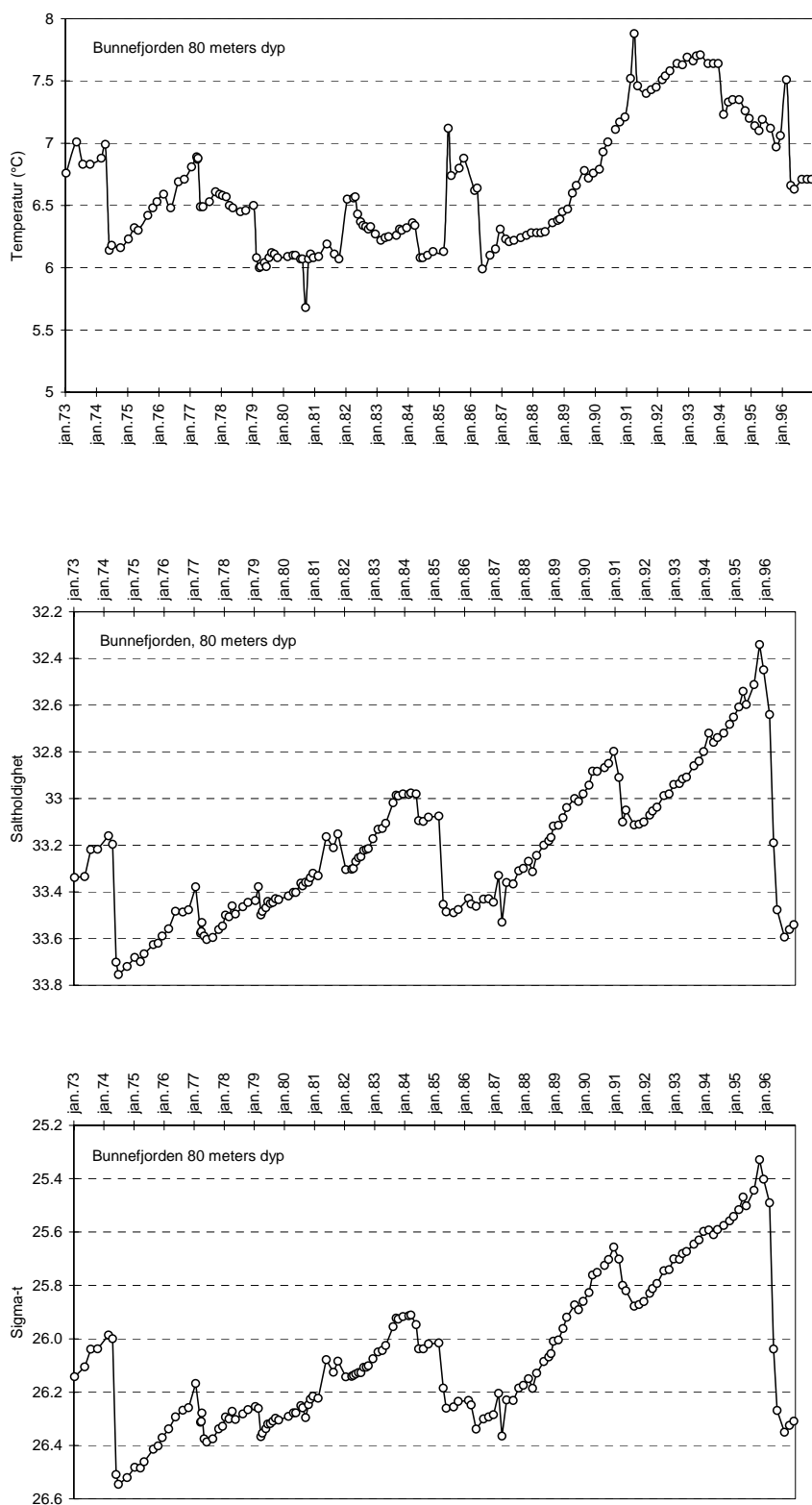
**Figur 9.** Sigma-t (vannets egenvekt-1\*1000) i Drøbaksundet (Im 2), oktober 1995 til desember 1996.



**Figur 10.** Oksygen (ml/l) i Drøbaksundet (Im 2), oktober 1995 til desember 1996.



**Figur 11.** Beregnet *relativ* dypvannsfornyelse i indre Oslofjord 1973-96.



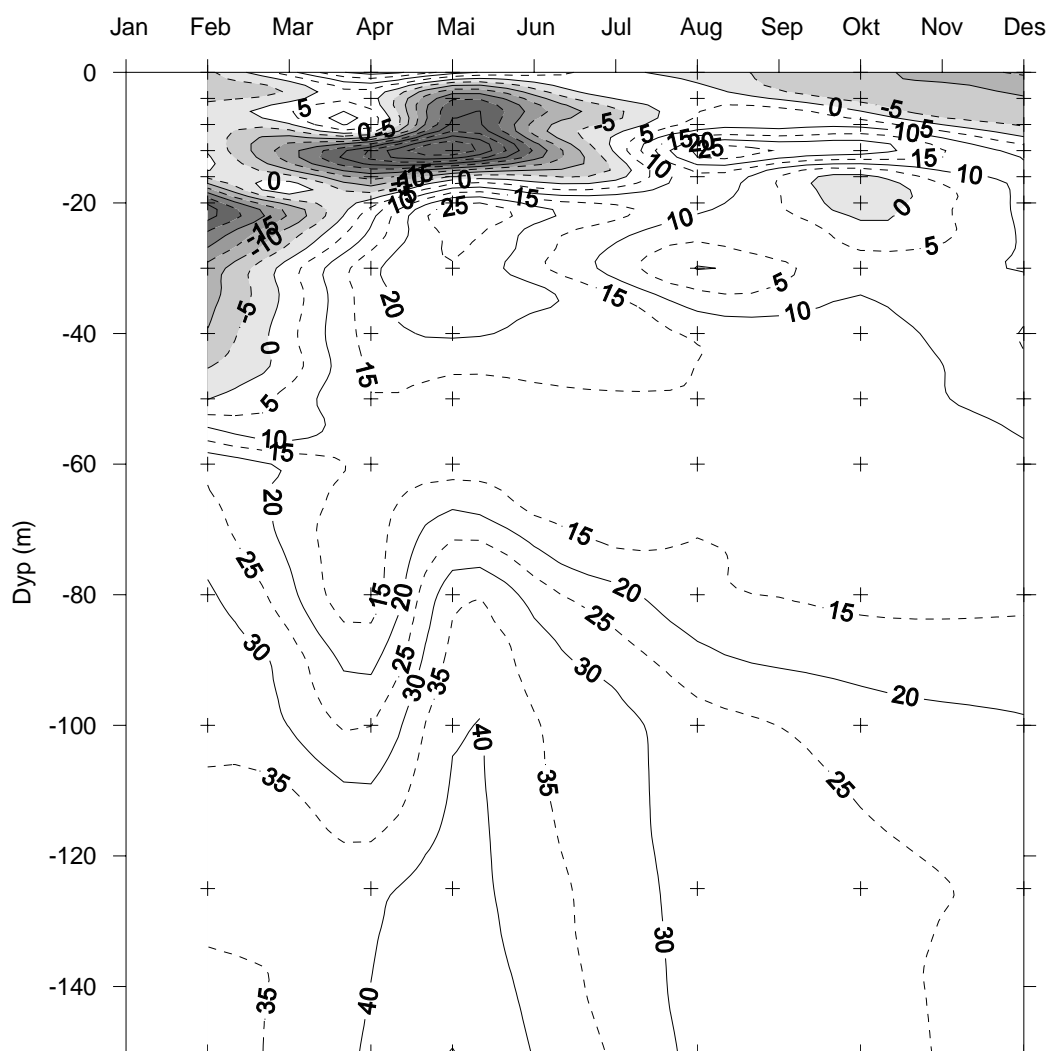
**Figur 12.** Temperatur (°C), saltholdighet og sigma-t (vannets egenvekt) på 80 meters dyp i Bunnefjorden (Ep 1) 1973-1996.

## 2.3 Oksygenforhold.

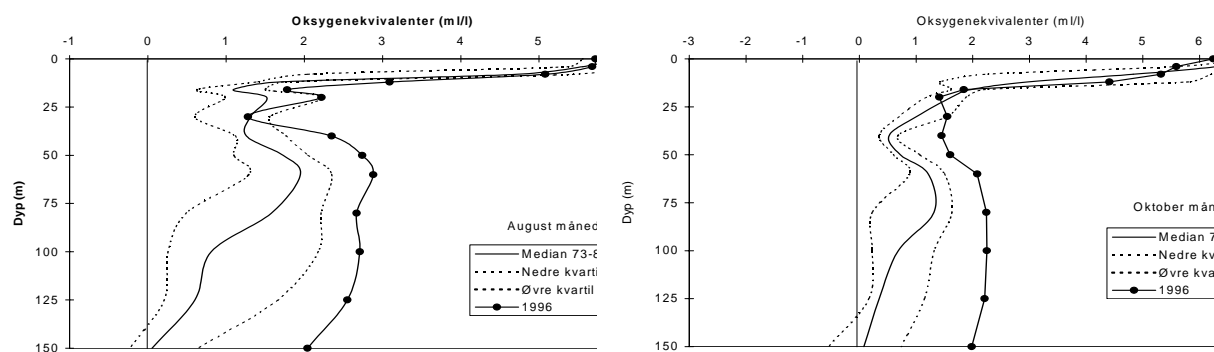
### Bunnefjorden.

Den meget gode dypvannsfornyelsen vinteren 1996, ga også for Bunnefjorden bra oksygenforhold. Sammenlignet med observasjoner 1973-82 (før etableringen av VEAS) var oksygenmetningen i dypvannet klart bedre gjennom hele året, om enn lav metning ble observert i overflatelaget i april/mai i samband med dypvannsfornyelsen. (**Figur 13** og **Figur 14**). Oksygenkonsentrasjonen på 80 - 125 meters dyp var i oktober 1996 på nivå med de "beste" årene siden 1973, klart bedre enn de tentative mål som er satt opp for denne fjorddelen (**Figur 15**). Imidlertid, for å oppfylle det laveste målet må Bunnefjordens dypvann stort sett bli værende oksygenholdig, forhold som ikke er nådd ennå. Konklusjonen fra tidligere rapporter er derfor fortsatt gyldig, dvs. at belastningen på Bunnefjorden er for stor i relasjon til oppsatte mål og med den dypvannsfornyelse fjorden har idag.

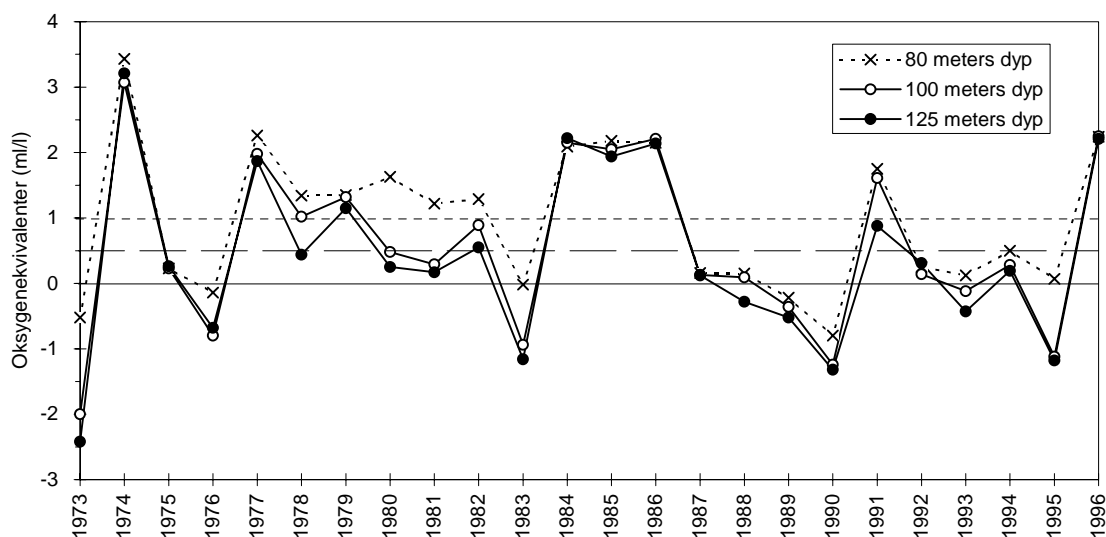
Bunnefjorden (Ep 1). Oksygenmetning (%) 1996 - median 1973-82.



**Figur 13.** Oksygenmetning (%) i Bunnefjorden. Observasjoner fra 1996 minus medianverdi av observasjoner fra 1973-82.



**Figur 14.** Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (Ep 1) i august og oktober 1996, sammenlignet med observasjoner fra 1973-82.



**Figur 15.** Oksygenekvivalenter (ml/l) på 80, 100 og 125 meters dyp i Bunnefjorden (Ep 1), oktober måned 1973-96, sammenlignet med tentative mål.

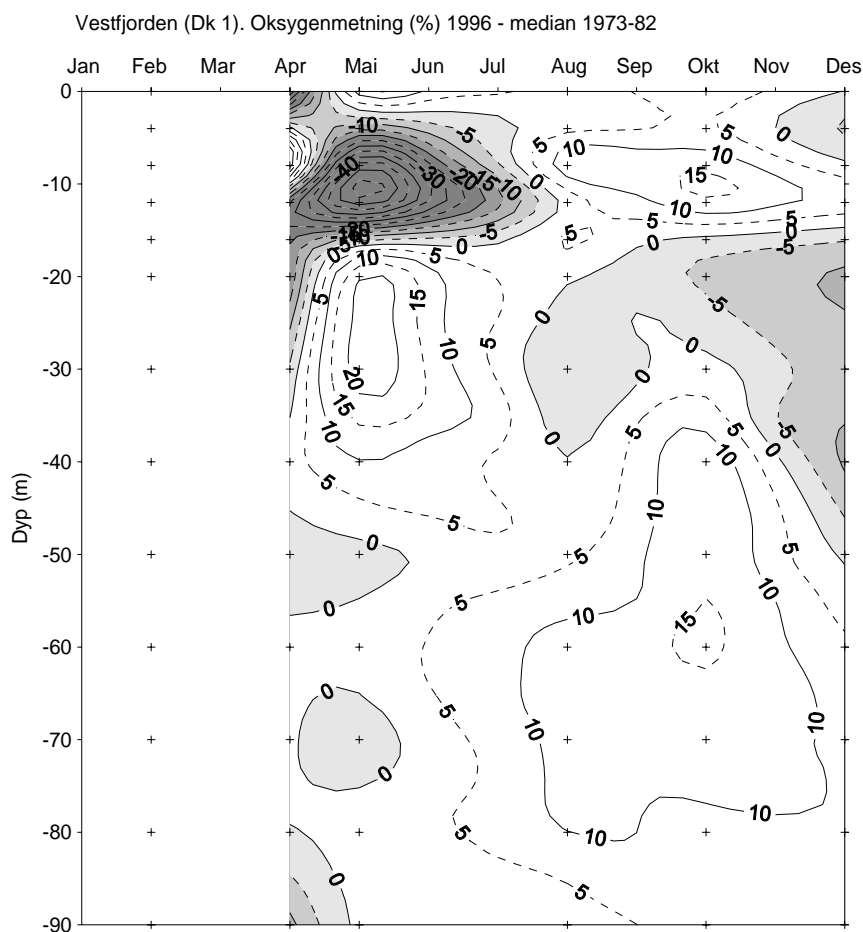
### Vestfjorden.

I Vestfjorden var dypvannsfornyelsen bra i 1996, med oksygenmetning over det vanlig forekommende i 1973-82, unntatt på mellomnivåer i oktober-desember 1996, og i samband med dypvannsfornyelsen i april/mai i overflatelaget (**Figur 16**). I august var oksygenkonsentrasjonen omtrent lik den normale situasjonen i 1973-82, eller bedre, mens den i oktober var klart bedre fra ca. 40 meters dyp til bunn (**Figur 17**).

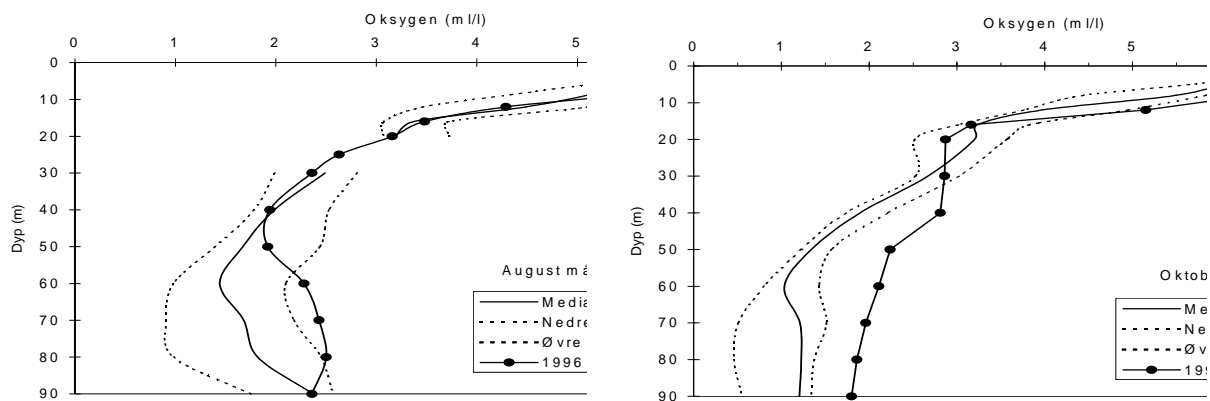
**Figur 17** viser at oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden dypvann har hatt en positiv utvikling i perioden 1973-1996. Dette skyldes ikke kun rensetiltak, men også gode dypvannsfornyelser på 1990 tallet, spesielt de årene fornyelsen startet i oktober (**Figur 18**).



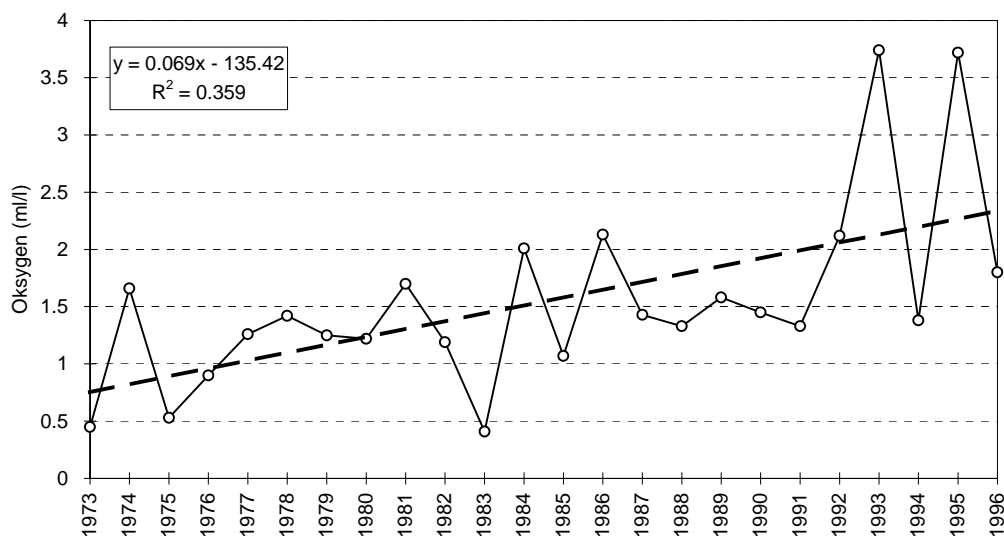
Sammenlignet med de tentative mål som er satt opp for oksygen i Vestfjorden (Baalsrud m.fl. 1986) var forholdene i 1996 klart bedre enn høyt mål, og for hele perioden 1992-96 var konsentrasjonen stort sett bedre enn lavt mål (**Figur 19**).



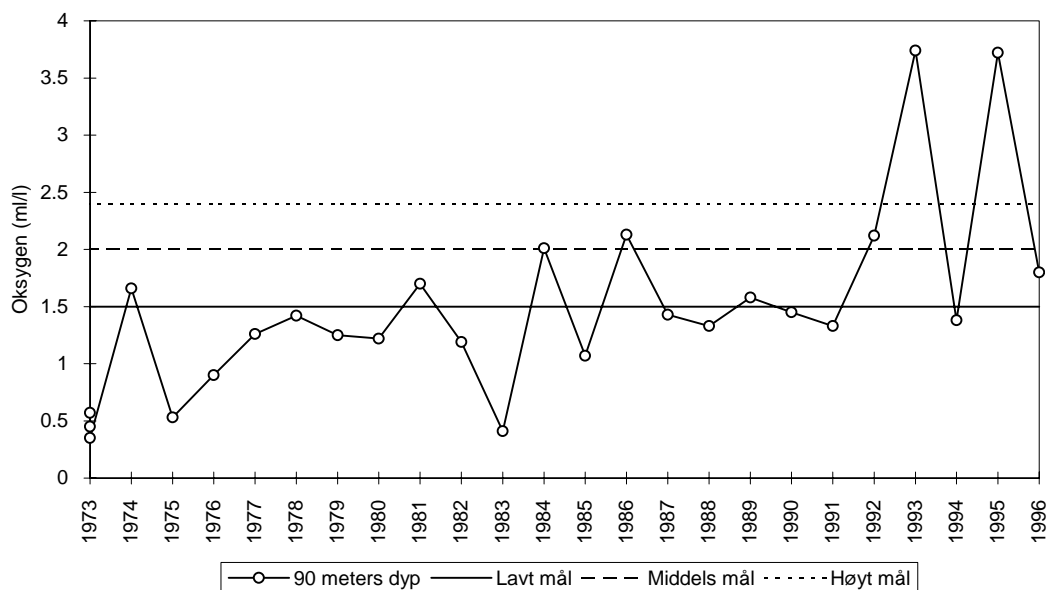
**Figur 16.** Oksygenmetning (%) i Vestfjorden (Dk 1). Observasjoner i 1996 minus medianverdi av observasjoner fra tidsrommet 1973-82.



**Figur 17.** Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden i august og oktober 1996, sammenlignet med observasjoner fra 1973-82.



**Figur 18.** Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden på 90 meters dyp, oktober måned.

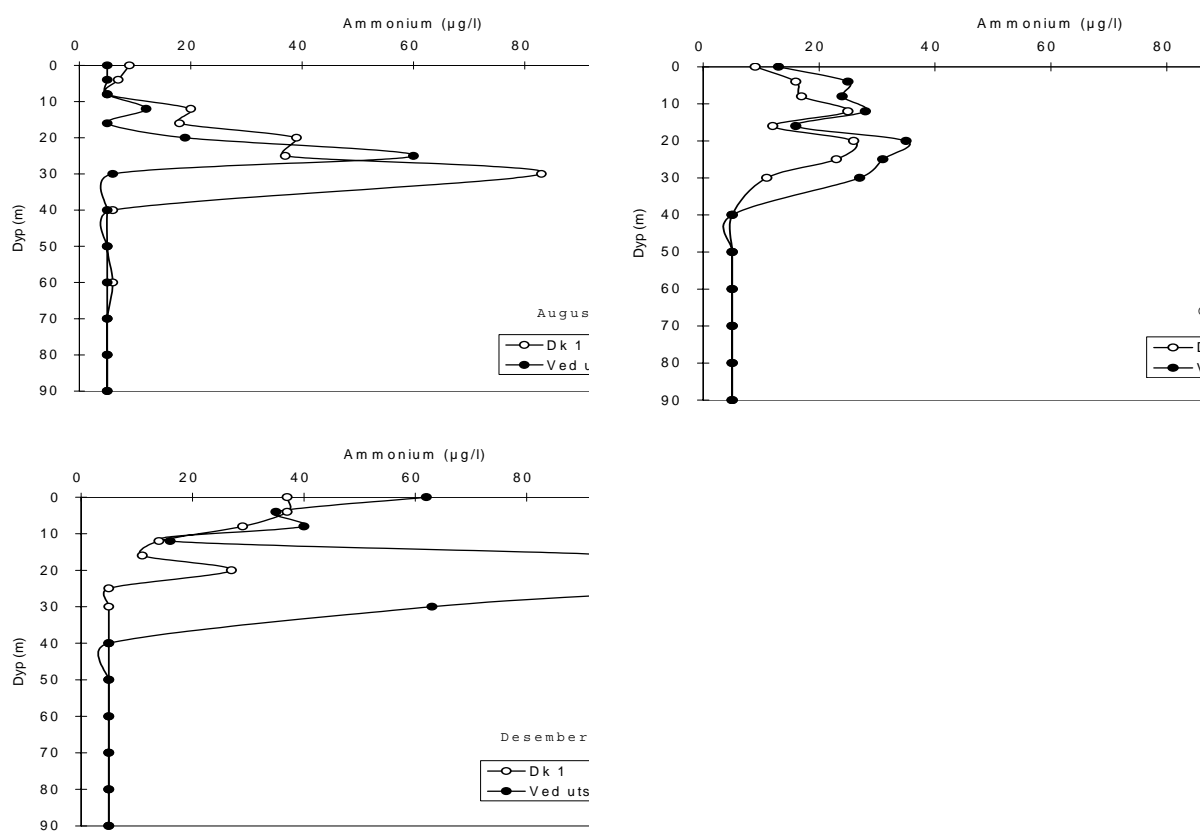


**Figur 19.** Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) på 90 meters dyp i Vestfjorden (Dk 1), oktober måned 1973-1996, sammenlignet med tentative mål.

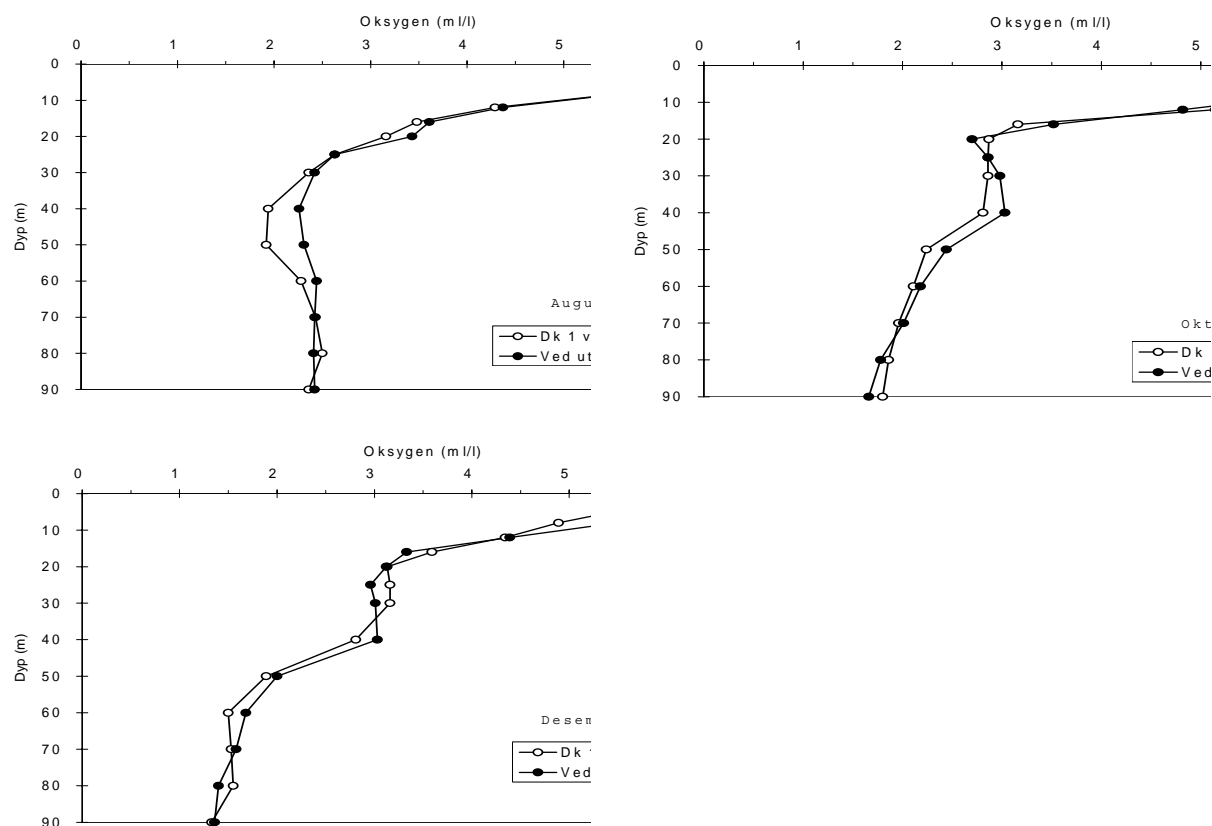
Tidligere har årsaken til en negativ trend i oktober måned på ca. 30 meters dyp vært tillagt utslippet fra VEAS. Med de seneste års tidlige vannutskiftninger foreligger det ikke lenger noen signifikant negativ oksygentrend. Men observasjoner tatt på oppdrag fra VEAS ved selve utslippet viser store ammoniumkonsentrasjoner på innlagingsdypet til avløpsvannet (ca. 25- 30 meters dyp), spesielt i desember 1996 (**Figur 20**). Sannsynligvis var forskjellen nå en funksjon av at nytt vann ble tilført Steilene fra ytre fjord.

Noe av overkonsentrasjonen av ammonium skyldes nok også sprangsjiktseffekten, men ofte er ammoniumkonsentrasjonen større på dette dyp ved selve utslippstedet, enn situasjonen i august 1996 viser det omvendte. På tross av utslippet var det ikke klart lavere oksygenkonsentrasjon ved utslippet fra VEAS enn ved Steilene, noe som viser at det fortynnede avløpsvannet også kan gjøre seg gjeldende her. I desember, hvor den største ammoniumgradienten ble observert mellom stasjonene, var også oksygenkonsentrasjonen på samme dyp noe lavere, men igjen kan en mindre vannfornyelse forstyrre bildet.

Det er ikke nødvendigvis slik at oksyngjelden i utslippsvann fra VEAS vil gjøre seg gjeldende ved selve utslippet; men gradvis vil den vise seg under den gravitasjonelle spredningen bort fra utslippet. For å kunne avgjøre utslippets direkte innflytelse på oksygenforholdene må det fortynnede avløpsvannet følges fra utslippsted utover i fjorden med samtidige observasjoner av oksygen og næringssalter.



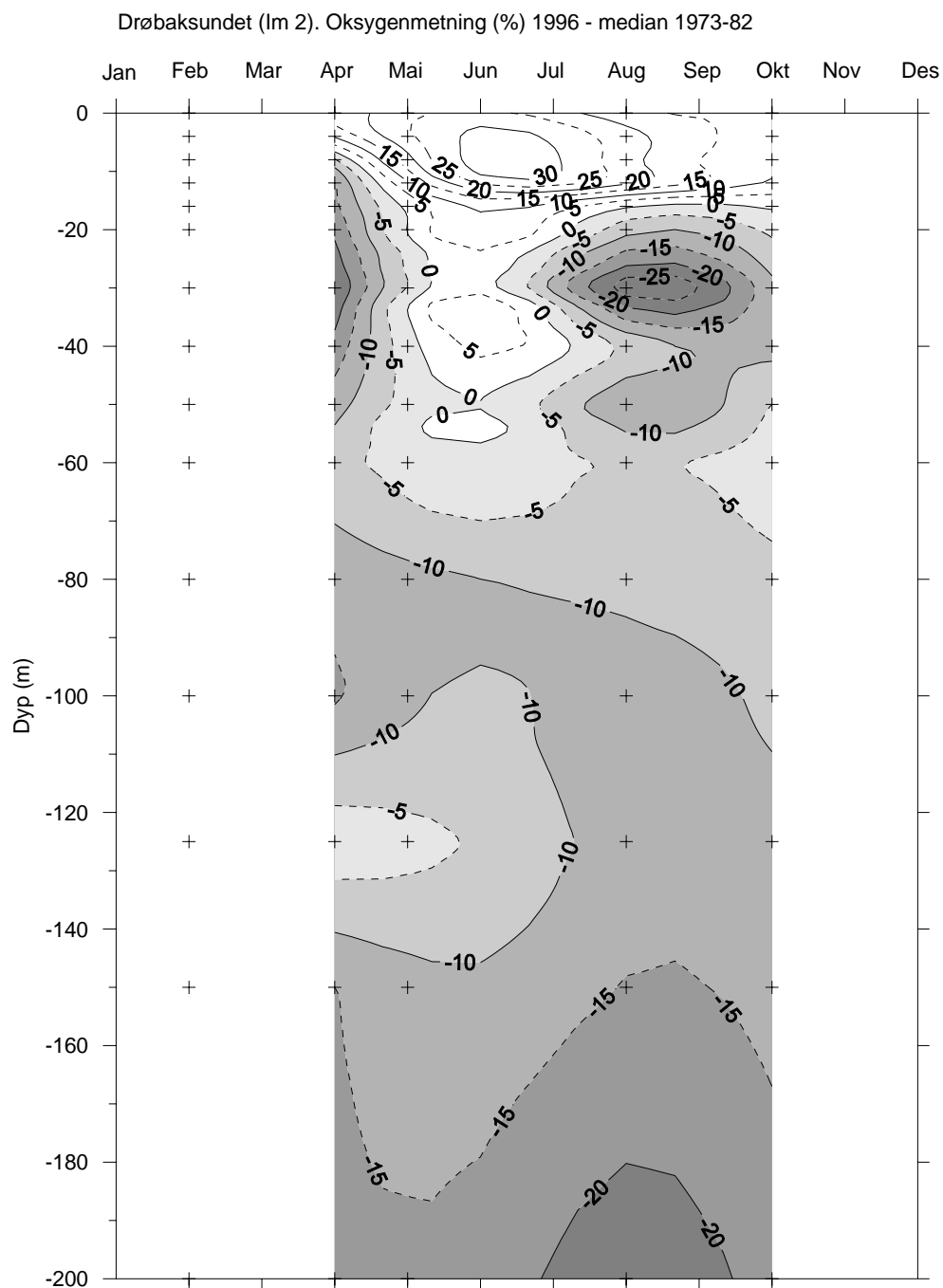
**Figur 20.** Ammoniumkonsentrasjon ( $\text{NH}_4\text{-N}$  ( $\mu\text{g/l}$ )) ved utslippet til VEAS og ved Steilen (Dk 1), august, oktober og desember 1996.



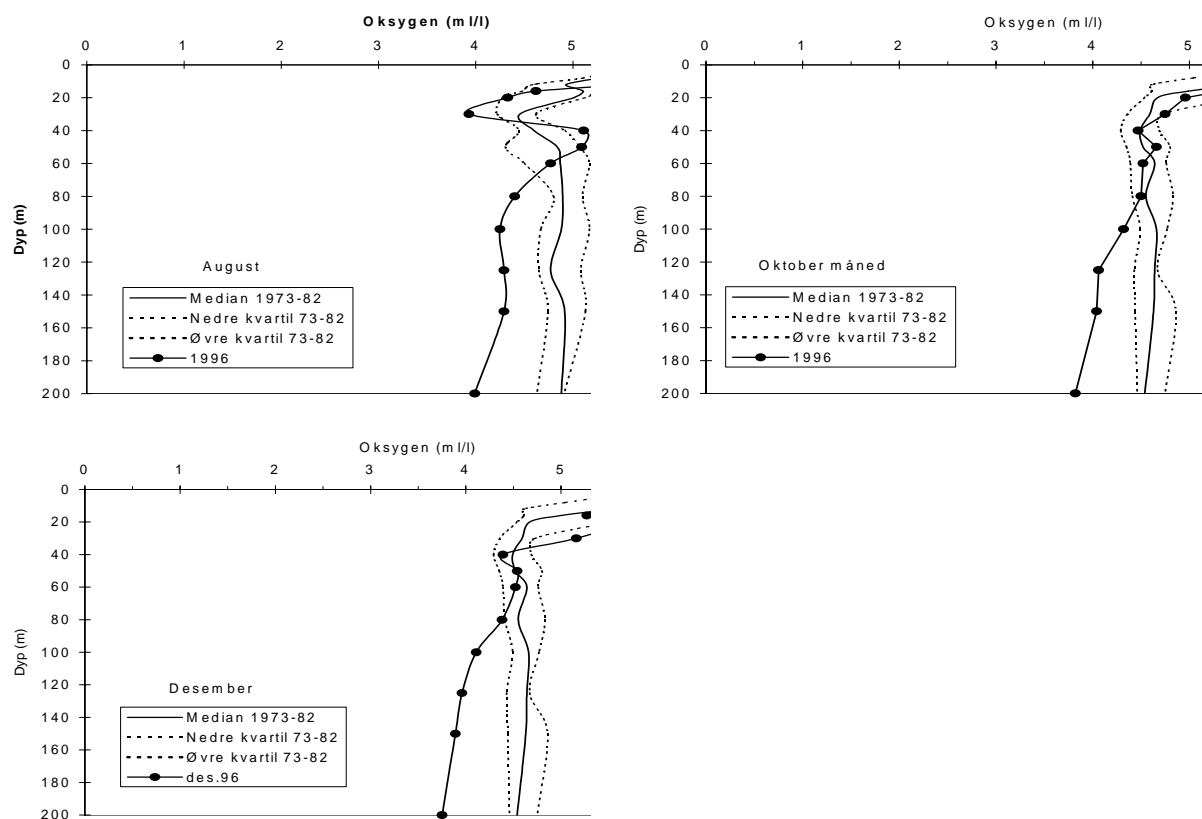
**Figur 21.** Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i august, oktober og desember 1996 ved utslippet til VEAS (Ek 3) og ved Steilene (Dk 1).

### Drøbaksundet.

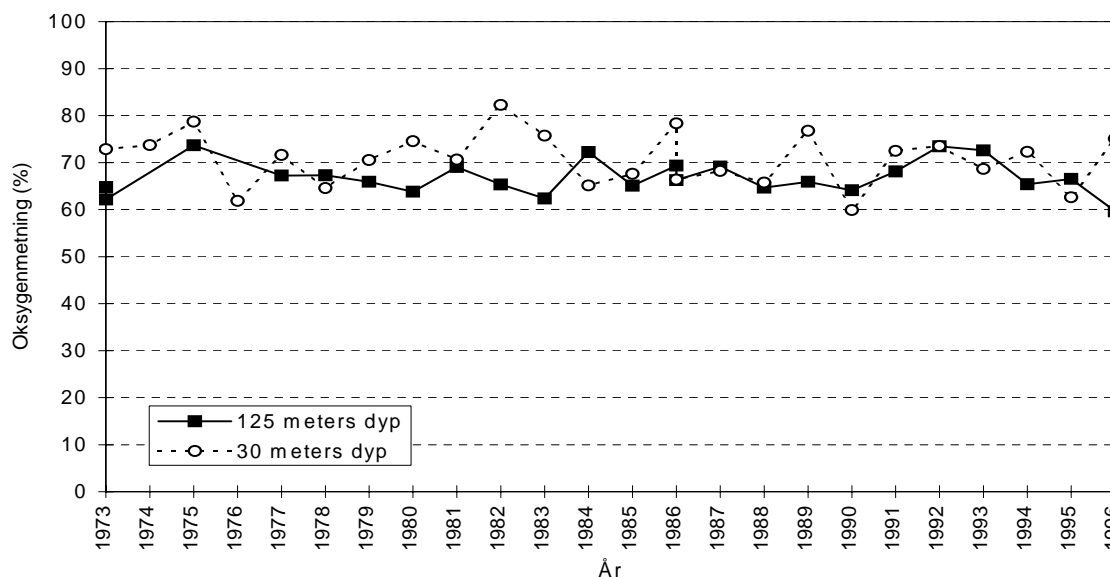
I Drøbaksundet er oksygenforholdene gode sammenlignet med indre Oslofjord. Det er sjelden oksygenmetningen er under 60 %. Sammenlignet med perioden 1973-82 var imidlertid oksygenforholdene noe dårligere i dypvannet, spesielt nær bunn og omkring 30 meters dyp høsten 1996 (**Figur 22**). Oksygenkonsentrasjonen var klart lavere fra ca. 60-80 meters dyp (**Figur 23**), noe som nok skyldes at dypvannet ikke er utskiftet siden våren 1996. Oksygenmetningen (**Figur 24**) viser ikke noen negativ trend fra 1973 til 1996 (oktoberobservasjoner), men tidligere er det konstatert en nedgang siden 1950/60-tallet.



**Figur 22.** Oksygenmetning (%) i Drøbaksundet (Im 2). Observasjoner i 1996 minus medianverdi av observasjoner fra tidsrommet 1973-82.



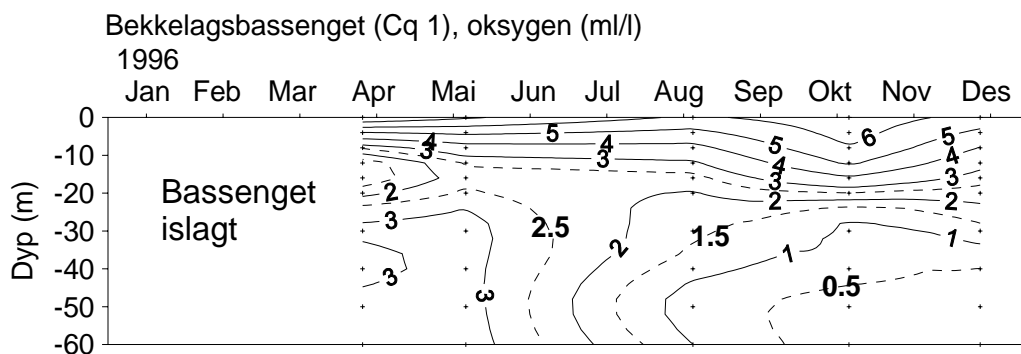
**Figur 23.** Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (Im 2) i august, oktober og desember 1996, sammenlignet med observasjoner fra 1973-82.



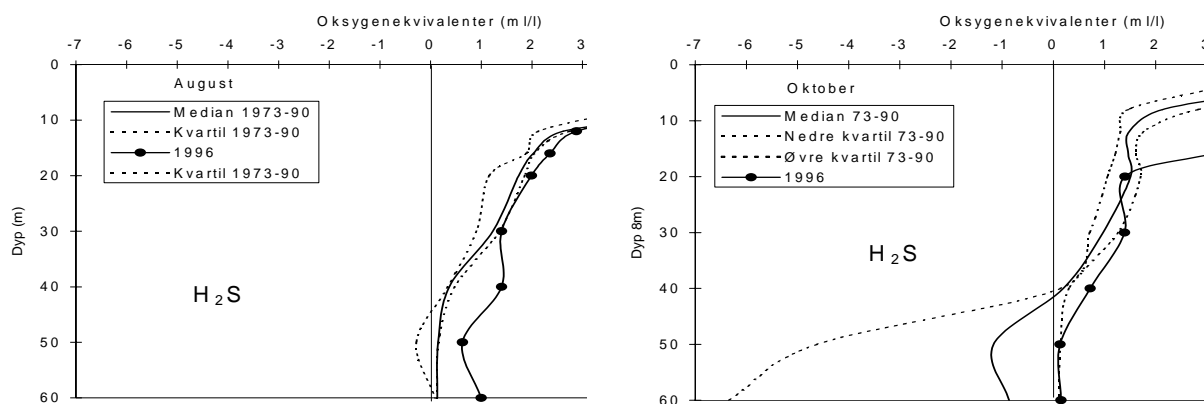
**Figur 24.** Oksygenmetning (%) i Drøbaksundet (Im 2) på 30 og 125 meters dyp, oktober måned 1973-1996.

### Bekkelagsbassenget.

I 1996 ble det ikke registrert hydrogensulfidholdig vann i Bekkelagsbassenget (**Figur 25**). Ettersom det foreligger relativt få observasjoner fra Bekkelagsbassenget i 1973-82 er oksygenkonsentrasjonen i august og oktober 1996 sammenlignet med observasjoner fra 1973-90 (**Figur 26**). Oksygenforholdene har vært klart bedre i 1996, og det har ikke vært rapportert om fiskedød i området, som høsten 1995 (Magnusson m.fl., 1996).



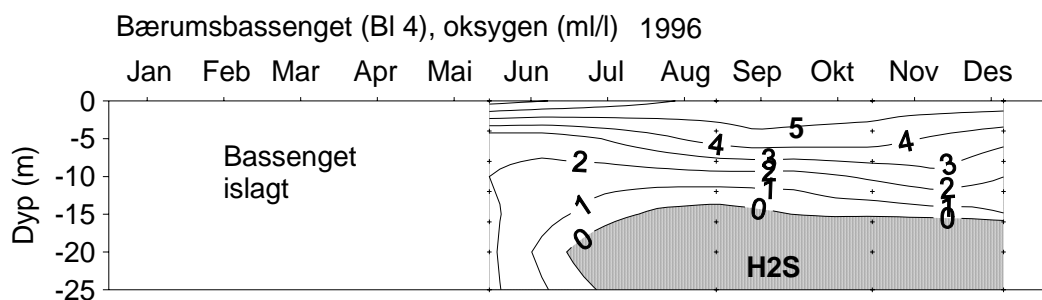
**Figur 25.** Oksygen (ml/l) i Bekklagsbassenget (Cq 1) 1996.



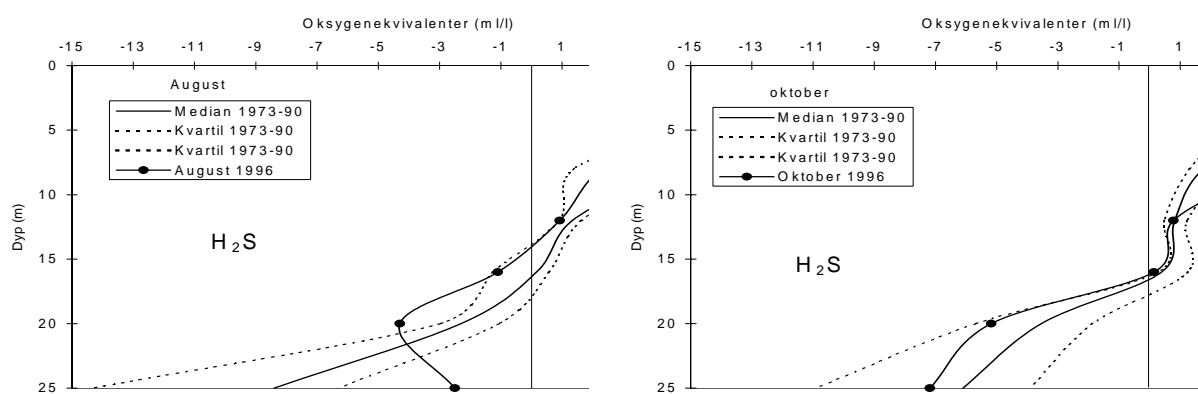
**Figur 26.** Oksygen/hydrogensulfid i Bekklagsbassenget (Cq 1) i august og oktober 1996, sammenlignet med observasjoner fra 1973-82.

### Bærumsbassenget.

Oksygenforholdene i Bærumsbassenget har vært bedre i 1996 enn i 1995, men med hydrogensulfidholdig vann fra august og ut året (**Figur 27**). Som for Bekkelagsbassenget er oksygenkonsentrasjonen i august og oktober 1996 sammenlignet med observasjoner fra 1973-90, ettersom det foreligger få observasjoner fra perioden 1973-82 (**Figur 28**). Oksygenkonsentrasjonen i bassengets dypvann var omtrent lik eller noe lavere enn medianverdi 1973-90 i august men lavere i oktober fra ca 8 til 20 meters dyp.



**Figur 27.** Oksygen/hydrogensulfid ( $H_2S$ ) (ml/l) i Bærumssassenget (BI 4) i 1996.



**Figur 28.** Oksygen/hydrogensulfid i Bærumssassenget (BI 4) i august og oktober 1996, sammenlignet med observasjoner fra 1973-82.

## 2.4 Undersøkelser av dyr på og ved bunnen (hyperbenthosundersøkelser) i 1996.

I 1995 ble en lang tidsserie av bunndyr innsamlet ved bunnsledetrekk rapportert (Beyer og Indrehus, 1995). I 1996 ble det tatt nye observasjoner og disse vil bli rapportert når flere års undersøkelser foreligger.

Undersøkelsene i 1996 ble mer omfattende enn på forhånd antatt da professor M. Abdullah (UiO) ønsket informasjon om faunaen langs bunnen på lokaliteter der det samtidig ble tatt prøver av bunnsedimentenes geokjemi. I denne forbindelse ble det 10. og 11. juni tatt bunnsledetrekk på tilsammen 6 lokaliteter, hvorav 3 i området vest av Granerødstøa (El) på henholdsvis ca. 145 m, ca. 100m og ca. 50 m dyp. I midtre fjord ble det tatt sledetrekk i Breiangen, vest av Mølen og sørover (Ni) i 197 m dyp, i Holmestrandsfjorden vest av Langøens sydlige del i ca. 97 m dyp og like nord for Falkenstenbukten ved Horten på 143-133 m dyp.

15. og 16. oktober ble det tatt bunnsledetrekk på følgende lokaliteter i indre fjord: Svartskog (Ep), Helviktangen (Cp), Lysakerfjorden (Bn), Steilene (Dk), Vesthullet (Ej) og Gråøyrenna (Gk). Dessverre ble det ikke tid til å ta prøve ved Elle i Drøbaksundet.

Noen resultater fra junitoktet viste bemerkelsesverdig store fangster i området ved Granerødstøa av muddermedusen *Tesserogastria musculosa*, som tidligere (Beyer og Indrehus, 1995) har vist seg som



en særdeles nyttig indikator på sedimentets akseptabilitet. Et annet positivt trekk var det store antall arter (11) av cumacéer som ble funnet på ca. 100 meters dyp. Individantallet var tilsvarende stort. Dette er noen små krepsdyr som for det aller meste ligger i sedimentets topplag. Henholdsvis 13, 10 og 16 arter av krepsdyregruppen Amphipoda på de tre stasjonene må også anses gledelig, kfr. Beyer og Indrehus (1995, fig. 14 & 15). Sparsom og ingen fangst av forskjellige rekearter var derimot skuffende. Det ble heller ikke fanget mange av dem på de tre stasjonene i midtre fjord.

Det mest bemerkelsesverdige resultat fra oktobertoktet var at sedimentet ved Svartskog i Bunnefjorden fremdeles var svart og hoven og praktisk talt uten levende dyr, til tross for relativt rikelig innhold av oksygen i vannet ved bunnen like siden februar. Ved Steilene ble det fanget både spisereke (*Pandalus*) og mudderreke (*Crangon*) av god størrelse, men ikke mange. Det trengs mer tid til å gjennomføre en detaljert analyse av materialet.

## 2.5 Overflatevannets kvalitet.

Overflateobservasjoner ble innsamlet i 1996 etter samme mønster som tidligere år. Siktedyp ble observert på alle stasjoner, mens prøver for analyser av klorofyll-*a* og næringssalter ble innsamlet fra 0- 2 meters dyp på et utvalg av stasjoner (se kap. 1.3.1). Hensikten med observasjonene er dels å sammenligne med eldre data (spesielt siktedyp og klorofyll-*a*), dels også å få klarlagt situasjonen før nitrogenrensing blir gjennomført (forundersøkelse), dels å vurdere observasjonene opp mot Statens forurensningstilsyns (SFT) klassifiseringssystem for fjorder (Rygg og Thélín, 1993).

### 2.5.1 Tilstanden bedømt ut fra siktedyp, klorofyll-*a* (planteplanktonbiomasse) og næringssalter i 1996.

Sommeren 1996 var tilstanden i fjordens overflatevann, bedømt etter SFTs klassifiseringssystem (**Tabell 4**), mellom dårlig (siktedyp) og god (fosfat, nitrat og ammonium). De dårligste forholdene ble observert i Oslo Havnebasseng for siktedyp (dårlig), klorofyll-*a* (nokså dårlig), totalfosfor (mindre god) og totalnitrogen (mindre god). Tilstanden i Bekkelagsbassenget og Bærumsbassenget var noe bedre, mens de beste forholdene ble registrert i Vestfjorden. Sammenlignet med de to foregående årene (1994/1995) var forholdene betydelig bedre i sommeren 1996. I 1994 og især i 1995 var fjorden spesielt utsatt for overløp fra renseanlegg i tillegg til den kraftige elveflommen i Drammenselva/Glomma i 1995. Med mindre nedbør enn normalt sommeren 1996, gjennomførte tiltak mot overløp (Røysted, 1996) og mer normal vannføring i Drammenselva og Glomma enn i 1995, var forutsetningen for bedre forhold i 1996 til stede.

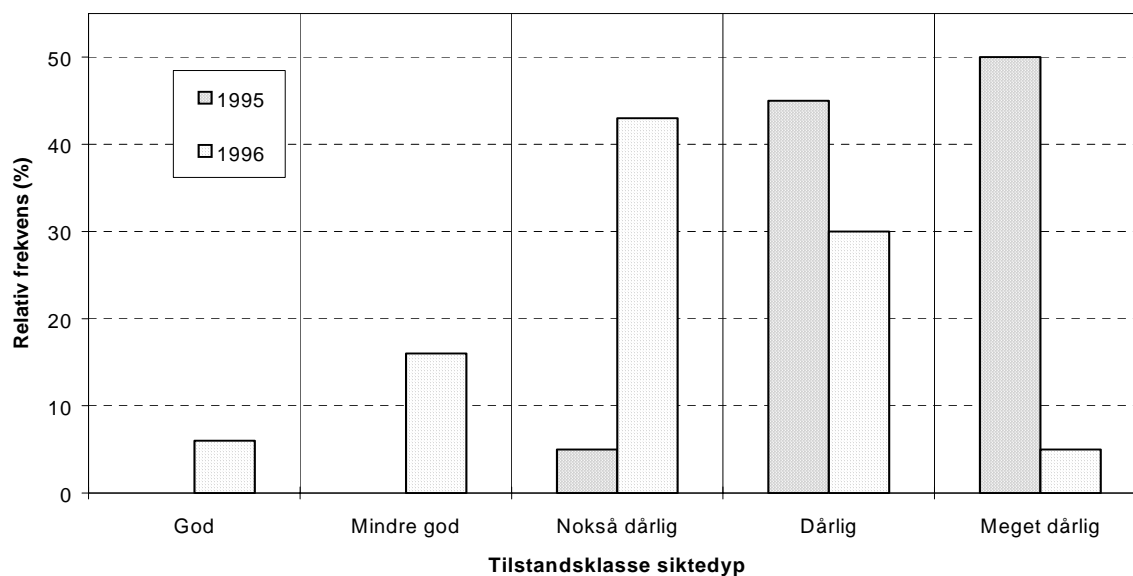
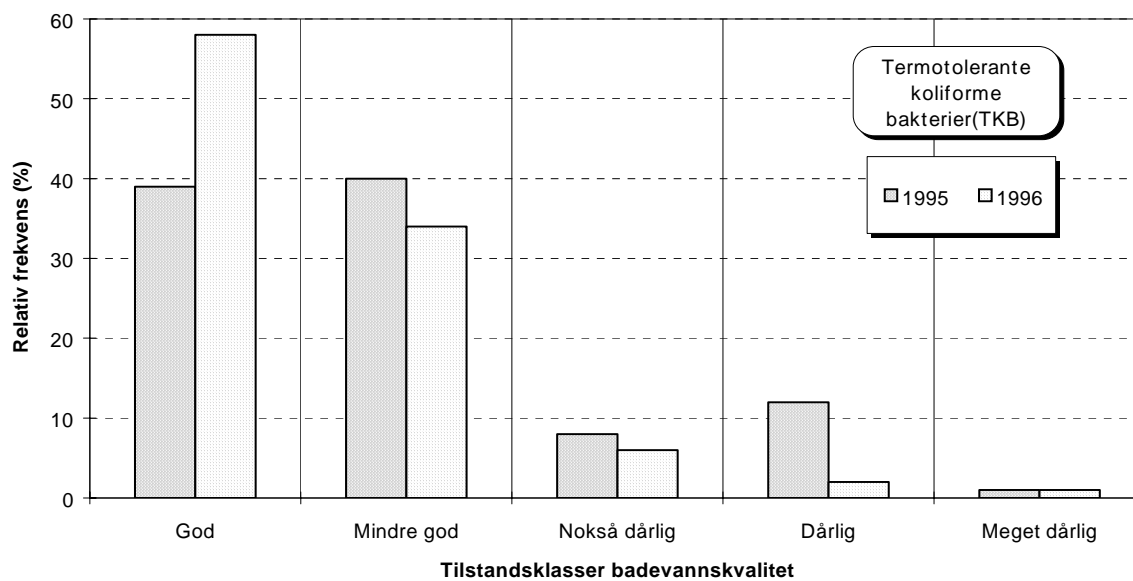
Analyser av termotolerante koliforme bakterier (tarmbakterier), som er en følsom parameter ved forurensning av ferskt avløpsvann, viste i 1996 at i 92 % av observasjonene tatt fra overflatevann mellom slutten av april og slutten av august (ca. 21 tokt til 8 - 16 stasjoner i området rundt Osloøyene) var vannet egnet for friluftsbad og mindre egnet i 7 %. I 1995 var imidlertid forholdene dårligere med mindre egnethet for friluftsbad i 21 %. Begge år var vannet ikke egnet for friluftsbad i ca. 1 % (Røysted, 1996). De høyeste bakterieverdiene ble i 1996 registrert etter store nedbørsmengder (24.8.96) og relativt nær elveutløp (nærområden til Loelva og i Frognerkilen). Tilstandsklassene for bakterier og siktedyp omkring Osloøyene er sammentstilt i **Figur 29**.

**Tabell 4.** Overflatevann i indre Oslofjord. Klassifisering av tilstand etter SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder (Rygg og Thélín, 1993). Klassifiseringen er basert på

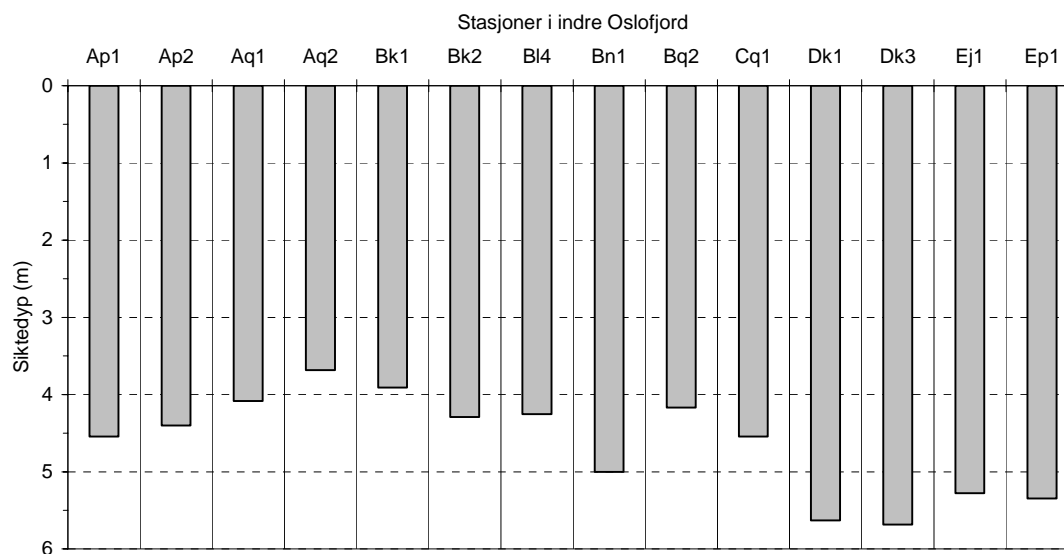
observasjoner i juni - august (ca. 13 st). Det finnes totalt 5 klasser: I = god, II = mindre god, III = nokså dårlig, IV = dårlig, V = meget dårlig.

Stasjon	Område	År	Sikte- dyp	Kl-a	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
Ap 2	Havne- bassenget	1993	IV	III	II	I	III	I	III
		1994	IV	IV	III	I	III	I	II
		1995	IV	IV	III	I	III	II	I
		1996	IV	III	II	I	II	I	I
Cq 1	Bekklags- bassenget	1993	IV	III	II	I	II	I	III
		1994	IV	III	III	I	III	III	III
		1995	V	IV	III	I	III	I	I
		1996	III	II	II	I	I	I	I
Bl 4	Bærums- bassenget	1993	III	II	I	I	II	II	I
		1994	IV	II	I	I	II	II	II
		1995	V	III	III	I	II	III	I
		1996	IV	II	I	I	I	I	I
Bn 1	Lysaker- fjorden	1993	III	II	I	I	II	I	III
		1994	IV	III	II	I	II	II	II
		1995	IV	III	III	I	II	I	I
		1996	III	II	I	I	I	I	I
Ep 1	Bunne- fjorden	1993	III	II	I	I	II	I	II
		1994	III	III	II	I	II	II	II
		1995	V	III	III	I	III	I	I
		1996	III	II	II	I	I	I	I
Dk 1	Vest- fjorden	1993	III	I	I	I	I	I	I
		1994	IV	II	II	I	I	II	II
		1995	IV	III	III	I	II	II	I
		1996	III	I	I	I	I	I	I

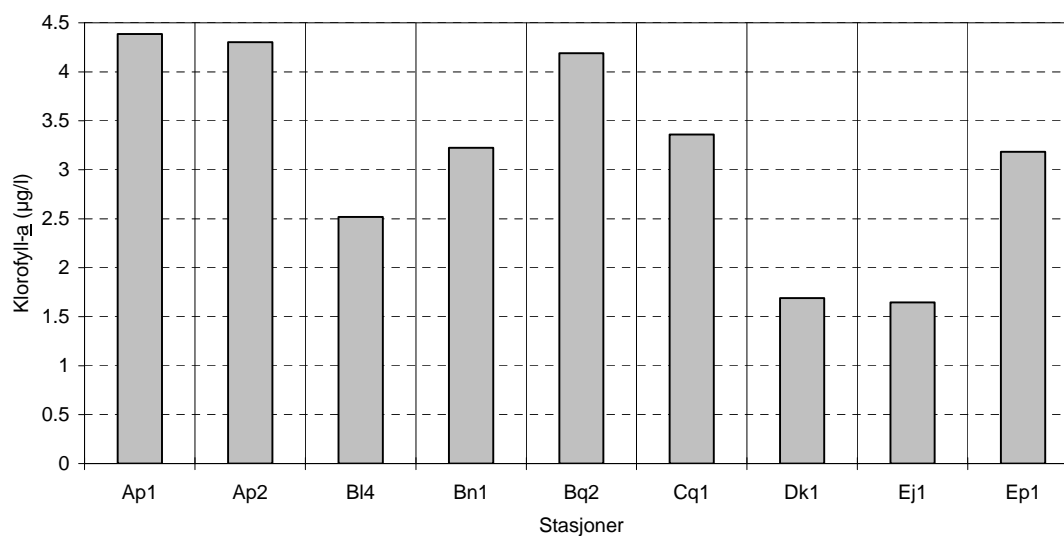
I **Figur 30** og **Figur 31** er samtlige resultater fra alle stasjonene i indre Oslofjord presentert. De lokale variasjonene er klare, med dårligst siktedyp i Oslo havnebasseng, Bekkelagsbassenget og i Bærumsbassenget. I havnebassenget og Bekkelagsbassenget observertes også de største klorofyll-konsentrasjonene, men de var betydelig lavere i Bærumsbassenget, noe som indikerer at et større innslag av uorganiske partikler fra Sandvikselven kan påvirke siktedypet i Bærumsbassenget.



**Figur 29.** Prosentuell fordeling av observasjoner fra stasjoner rundt Osloøyene (april-august) på ulike tilstandsklasser i 1995 og 1996 for termotolerante koliforme bakterier (TBK) og siktedyb.

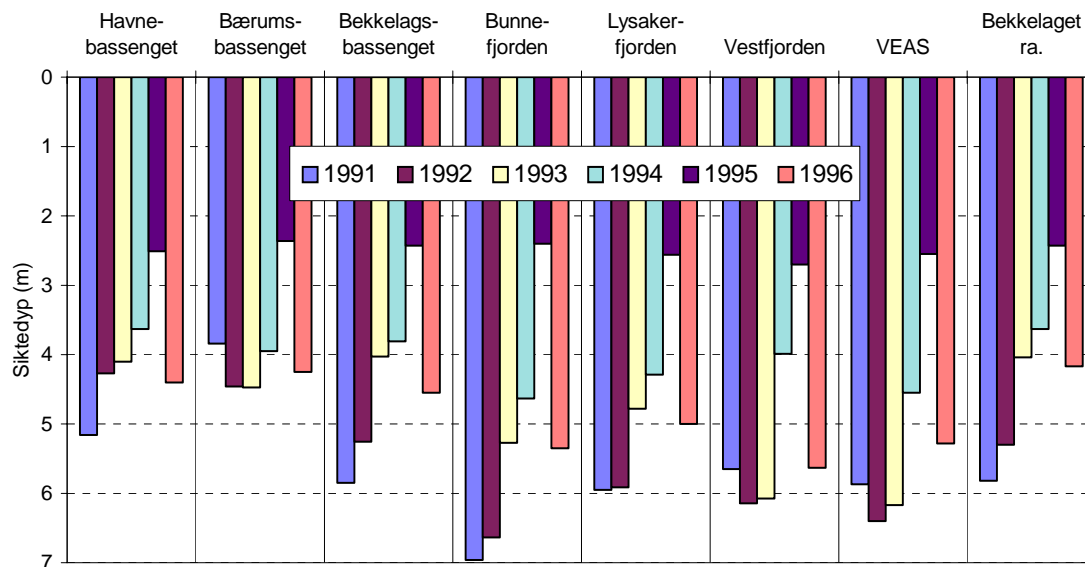


**Figur 30.** Gjennomsnittlig siktedyp på ulike stasjoner i indre Oslofjord i juni-august 1996.

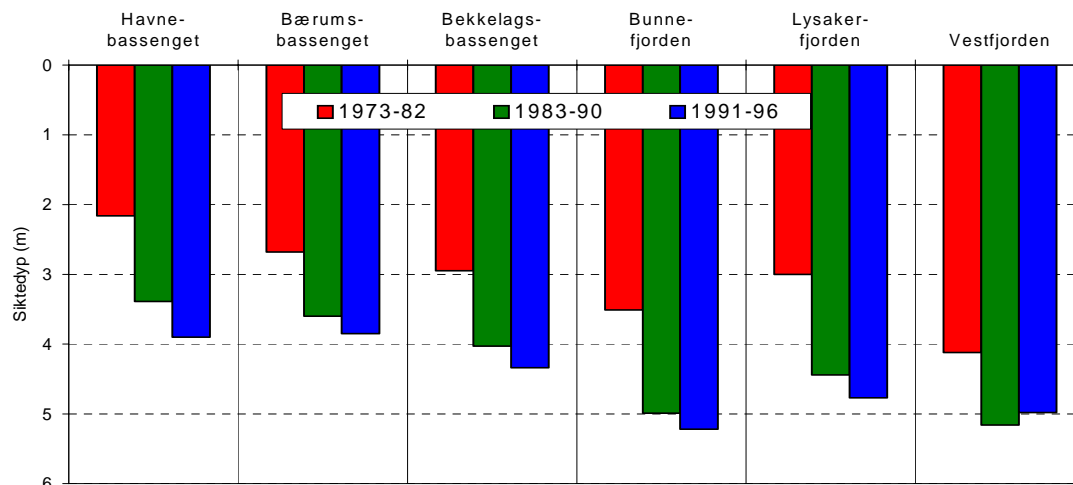


**Figur 31.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll-a i juni-august 1996 på ulike stasjoner i indre Oslofjord.

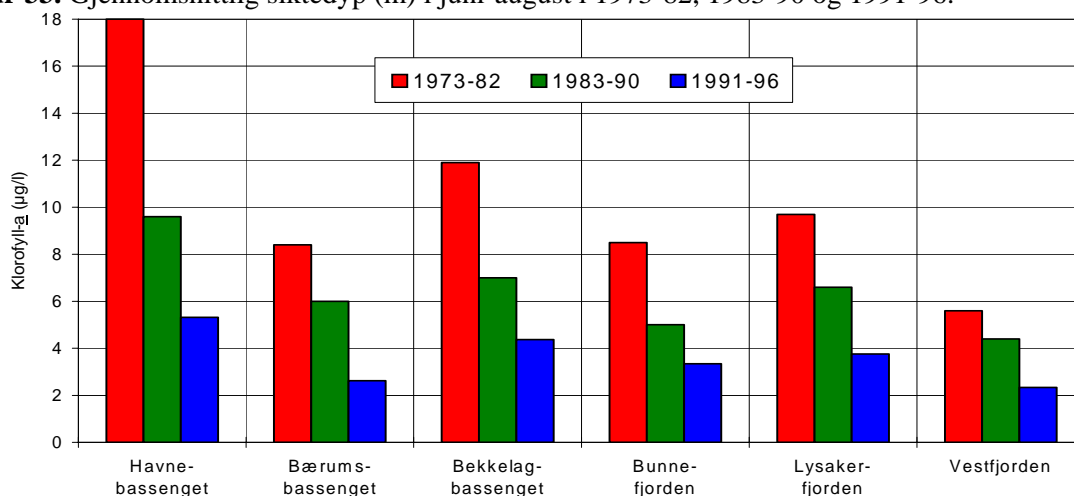
**Figur 32** viser at siktedypet igjen er bedre i fjorden etter dårligere siktedyp i 1994 og 1995. På enkelte stasjoner var siktedypet i nivå med et av de beste årene i fjordens historie i senere tid (1991). Sammenlignes tidsrommet 1991-96 med tidligere perioder (**Figur 33** og **Figur 34**) bidrar 1996 med den positive utviklingen som tidligere er observert.



**Figur 32.** Gjennomsnittlig siktedyp på ulike stasjoner i indre Oslofjord juni-august 1991-96.



**Figur 33.** Gjennomsnittlig siktedyp (m) i juni-august i 1973-82, 1983-90 og 1991-96.



**Figur 34.** Gjennomsnittlig planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) i 0-2 meters dyp i juni-august i 1973-82, 1983-90 og 1991-96.

### 2.5.2 Planteplankton.

22. mars var våroppblomstringen i gang på Dk 1 i Vestfjorden. De dominerende kiselagene var *Thalassiosira nordenskioeldii* (0,9 mill. celler/l), *Detonula confervaceae* (0,8 mill. celler/l) og *Chaetoceros socialis* (0,7 mill. celler/l), men med et betydelig innslag av større *Chaetoceros*-arter som *C. debilis* og *C. subsecundus*. I tillegg forekom en del *Phaeocystis* sp. (1,4 mill. celler/l). Oppblomstringen var imidlertid over 11. april da små flagellater dominerte planteplanktonet.

De midlere forholdene i indre Oslofjords overflatelag har vært bra sommeren 1996, og betydelig bedre enn i 1994 og 1995 (se. kap. 2.5.1). Imidlertid var ikke forholdene like bra gjennom hele sesongen.

**Figur 35** og **Figur 36** viser enkeltobservasjoner av siktedyp og klorofyll-a (overflateobservasjoner) sommeren 1996. Slutten av juni og begynnelsen av juli var det meget dårlig siktedyp i fjorden og vannet var grønnblakket. Klorofyllkonsentrasjonen var også høy. I denne periode var det en algeoppblomstring som ga misfargning av vannet og dårlig siktedyp. 20. juni ble det registrert en betydelig oppblomstring av *Dinophysis acuminata* (24.000 celler/l) og *D. norvegica* (6.600 celler/l) i Bunnefjorden (Ep 1). Verdiene ligger for begge artenes vedkommende langt over grensen for båndlegging av skjellplukking til konsum. I tillegg forekom en betydelig oppblomstring av *Katodinium rotundatum* med 4,7 mill. celler/l. *Emiliania huxleyi* konsentrasjonen var 3,8 mill celler/l, og det forekom også en del cryptophyceer. Den mest framtreddende diatomeen var *Rhizosolenia fragilissima* (0,4 mill. celler/l).

1. juli var konsentrasjonen av *Emiliania huxleyi* i Bunnefjorden (Ep 1) økt betydelig til 23 mill. celler/l, noe som var maksimumsverdien for de undersøkte stasjonene i Oslofjorden.

Konsentrasjonene av *Dinophysis* var redusert, men lå fremdeles langt over faregrensen. Det forekom en del ceratier med *Ceratium fusus* som dominerende art med 4.000 celler/l. Konsentrasjonen av kiselagen *Nitzschia closterium/longissima* var 0,7 mill. celler/l.

Også på stasjon Bn1 I Lysakerfjorden var konsentrasjonen av *Emiliania huxleyi* 17 mill. celler/l den 1. juli. Det ble også registrert en generell dinoflagellatblomstring med totalt 1,7 mill. celler/l. Som på stasjon EP1 forekom *Ceratium fusus* i høyest antall av ceratiene med et celletall på 12.800 celler/l. *Dinophysis acuminata* og *D. norvegica* ble registrert med et celletall på henholdsvis 15.400 og 3.900 celler/l som er langt over faregrensen for begge artene. Kiselalgekonsentrasjonen var også relativt høy med *Rhizosolenia fragilissima* (0,8 mill.celler/l) og *Skeletonema costatum* (0,7 mill. celler/l) som de mest framredende artene. Også cryptophycekonsentrasjonen var betydelig (0,7 mill. celler/l).

25. juli var planktonet preget av små flagellater/monader (26 mill. celler/l) med et betydelig innslag av *Emiliania huxleyi* (1,2 mill. celler/l), *Dinobryon petiolatum* (1,0 mill. celler/l), *Chrysochromulina* spp. (0,9 mill. celler/l) og cryptophyceer (0,7 mill. celler/l). Det var relativt store forekomster av ceratier med *Ceratium fusus* som dominerende art med 34.500 celler/l. Kiselalgen *Proboscia alata* forekom med et celletall på 55.000 celler/l, et antall som biomassemessig er betydelig på grunn av algens størrelse. Ellers var diatomeforekomstene preget av skrøpelige enkeltceller sannsynligvis av *Skeletonema costatum* (0,6 mill. celler/l).

Oppblomstringen av *Emiliania huxleyi* ble ikke bare observert i indre Oslofjord ved denne tiden. Samme farge på vannet ble observert fra Tønsberg til Skagen i Danmark (slutten av juni, Magnusson pers.medd) og ble for øvrig rapportert langs hele Sørlandskysten. *Emiliania*-oppblomstringer er imidlertid vanlige langs kysten.

Utover sommeren ble siktedypet bedre og klorofyllkonsentrasjonen lavere.

I begynnelsen av august var diatomemengden redusert og *Ceratium*-blomstringen var kulminert. Ellers var endringene generelt sett små.

I slutten av august økte cryptophyce-konsentrasjonen til 1,3 mill. celler/l, mens trenden for de andre flagellatene var tilbakegang. Dinoflagellatmengden økte imidlertid, og høyest var konsentrasjonen av *Katodinium rotundatum* med 0,8 mill celler/l.

Også i Bunnefjorden (Ep 1) var algebiomassen generelt sett redusert, men konsentrasjonene av *Emiliania huxleyi* (2,3 mill. celler/l), *Chrysochromulina* spp. (1,8 mill./celler/l). og cryptophyceer (2,2 mill. celler/l) var fremdeles relativt høye.

Konsentrasjonen av *Emiliania huxleyi* (1,8 mill. celler/l) var sterkt redusert også i Lysakerfjorden (Bn 1). Forekomsten av cryptophyceer (3,6 mill. celler/l) hadde imidlertid økt betydelig, og det samme var tilfelle for prasinophyceen *Pyramimonas* spp. (0,7 mill. celler/l). Dinoflagellatmengden var fremdeles relativt høy, men det var de athecate dinoflagellatene som preget bildet, med *Katodinium rotundatum* som den mest framtreende arten med 0,6 mill. celler/l.

I havnebassenget (Ap 2) ble det observert høye flagellat- og dinoflagellatkonsentrasjoner den 27. august, med henholdsvis 23 og 2,8 mill celler/l. Av de klassifiserbare flagellatene var cryptophyceene mest framtreende med 3,9 mill. celler/l, men også forekomsten av *Pyramimonas* spp. (1 mill. celler/l) og *Chrysochromulina* spp. (0,7 mill. celler/l) var betydelig. Konsentrasjonen av *Emiliania huxleyi* var moderat med et celletall på 0,7 mill./l. Dinoflagellaten *Katodinium rotundatum* blomstret med en konsentrasjon på 1,7 mill. celler/l. *Ceratium furca* forekom med et celletall på 4.800 celler/l.

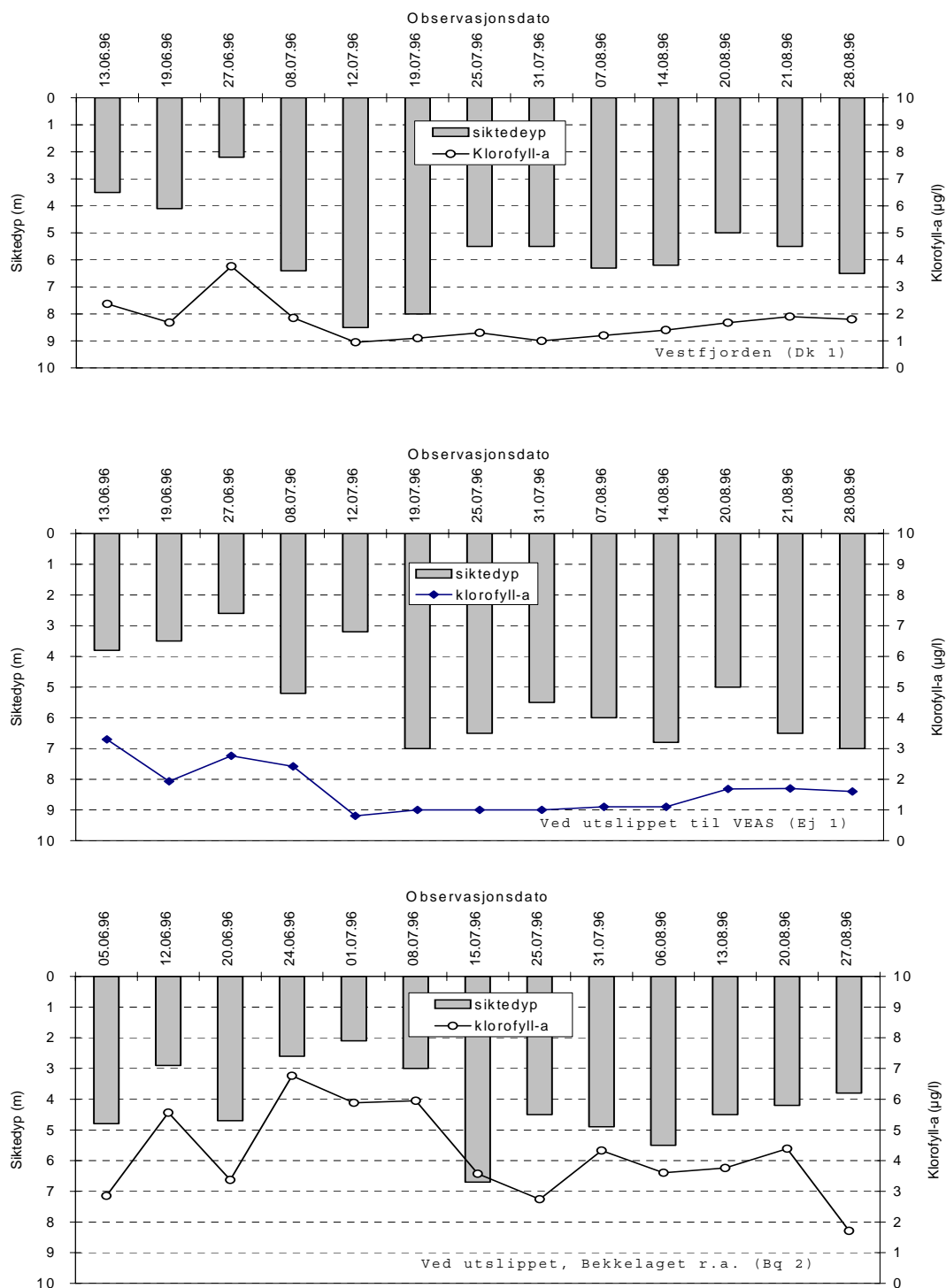
I Bærumsbassenget (Bl 4) var algekonsentrasjonen i slutten av august gjennomgående lavere enn på de andre stasjonene selv om artssammensetningen var mye den samme. Mest framtreende blant de klassifiserbare flagellatene var cryptophyceene som forekom i et antall på 0,7 mill. celler/l. Konsentrasjonen av *Emiliania huxleyi* var bare 0,4 mill. celler/l. *Katodinium rotundatum* var den mest framtreende dinoflagellaten med 0,2 mill. celler/l. *Ceratium furca* forekom med et celletall på 3.200 celler/l.

I oktober ble det registrert en betydelig oppblomstring av ceratier på Dk 1 i Vestfjorden. Dominerende art var *Ceratium furca* med et celletall på 135.000 celler/l. Overflatevannet var farget rød/brunt og av fargen på vannet å dømme var fordelingen tildels meget lokal og varierende. Andre framtreende arter var *C. tripos* og *C. fusus* med henholdsvis 10.500 og 4.500 celler/l. I tillegg forekom *C. lineatum*, *C. longipes*, *C. macroceros*. Totalt celletall for slekten *Ceratium* var 152.000 celler/l som er tilstrekkelig til å brunfarge sjøen. Det var også forekomster av *Dinophysis acuminata* som med en konsentrasjon på 800 celler/l lå opp mot faregrensen med hensyn på båndlegging av blåskjellplukking til konsum.

**Figur 37** viser at det er en sammenheng mellom siktedyp og planteplanktonbiomassen i overflatelaget målt som klorofyll-a. Imidlertid kan ikke all variasjon i siktedyp forklares med klorofyll-a ( $R^2 = 33\%$ ). Dette kommer dels av at klorofyllmengden er artsavhengig, dels muligens også av at observasjonsdypet (0-2) m er for snevert. I tillegg er siktedypet også påvirket av uorganiske partikler.

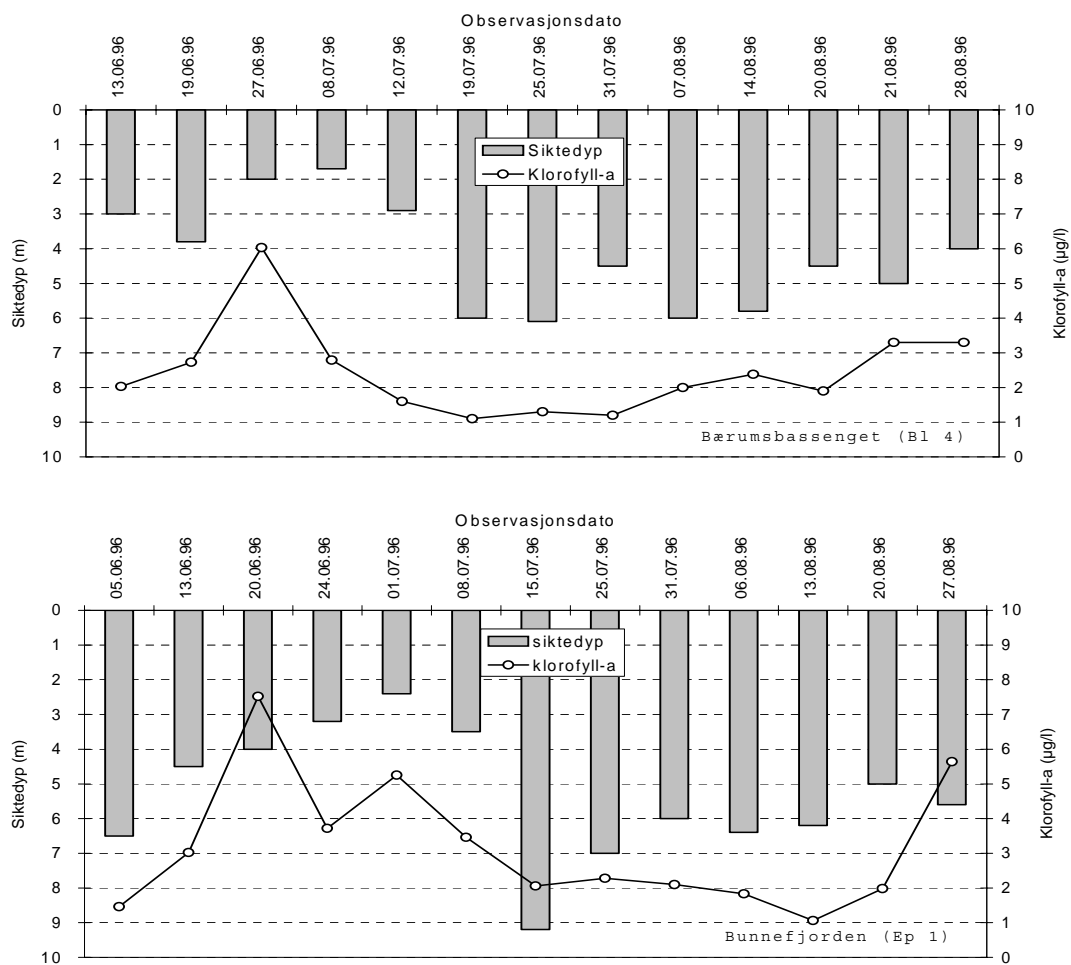
Det var liten forskjell i siktedyp mellom stasjonen midt i Vestfjorden (Dk 1) og stasjonen over utslippet til VEAS, unntatt den 12.7., hvor det var hele 5 meter i forskjell, med det dårligere siktedypet ved VEAS. Klorofyllkonsentrasjonen var omtrent lik på de to stasjonene, så forskjellen må skyldes uorganiske partikler. Det foreligger p.t. ikke noen forklaring på denne forskjellen.

Ved utslippet til Bekkelaget (Bq 2) var siktedypet mindre og klorofyllkonsentrasjonen klart større enn ved utslippet til VEAS, noe som kan forklares med at utslippet ved Bekkelaget ikke har like bra innlagring av avløpsvannet som utslippet til VEAS.

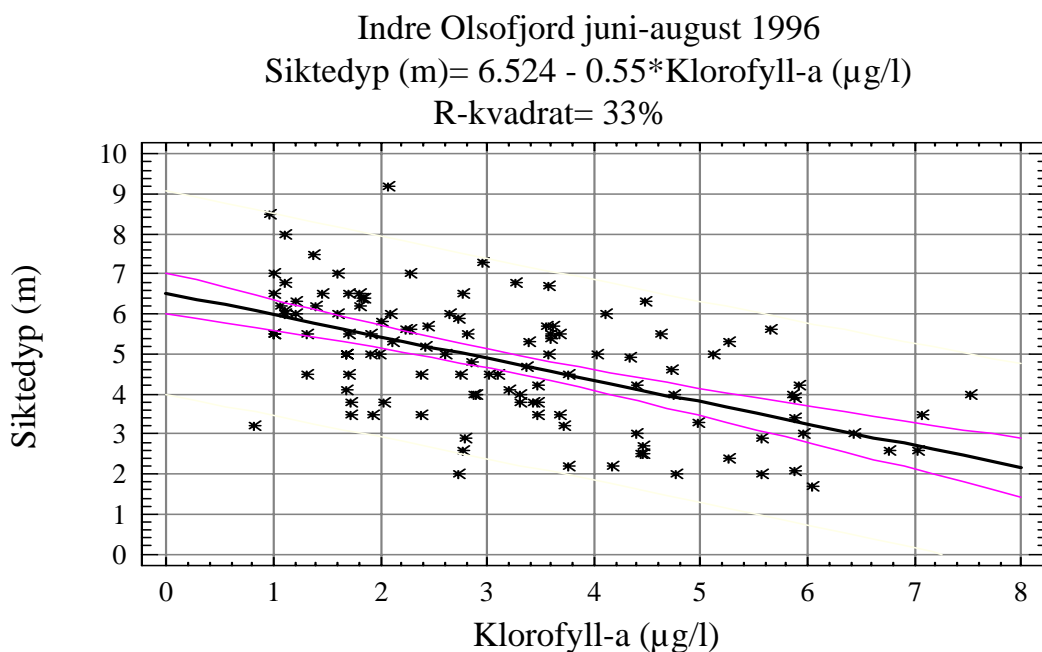


**Figur 35.** Siktedyp og klorofyll-a (0-2m) sommeren 1996 i Vestfjorden (Dk 1), ved utslippet til VEAS (Ej1) og Bekkelaget renseanlegg (Bq 2).





**Figur 36.** Siktedyp og klorofyll-a (0-2m) sommeren 1996 i Bærumsbassenget (Bl 4) og Bunnefjorden (Ep 1).



**Figur 37.** Regresjonsanalyse siktedyp og klorofyll-a, samtlige stasjoner sommeren 1996.

### 3. Litteratur.

- Baalsrud, K., Lystad, J. og Vråle, L., 1986: Vurdering av Oslofjorden. Norsk institutt for vannforskning (l.nr. 1922).
- Bergstøl, P.O., Feldborg, D. og Olsen, J.G., 1981: Indre Oslofjord. Forurensningstilførsler 1920-80. Tilførsler av fosfor. Norsk institutt for vannforskning (0-7808403).
- Bokn, T., 1979: Bruk av tang som overvåkingsparameter i en næringsrik fjord. I: Overvåking av vattenområden. 15. Nordiska symposiet om Vattenforskning. NORDFORSK, Miljøvårds sekr. publ. 1979,2: 181-200.
- Beyer, F., 1967: Bunnsedimenter og bunnfauna i indre og midtre Oslofjord i 1938 og 1962-65. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 12. Norsk institutt for vannforskning.
- Beyer, F. og Indrehus, J., 1995. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord. Effekter av forurensning og dypvannsutskiftning på faunaen langs bunnen av Oslofjorden basert på materiale samlet siden 1952. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 621/95. Biologisk institutt, UiO. NIVA-rapport l.nr. 3324.
- Green, N., og Knutzen, J., 1993: Miljøgiftundersøkelse i indre Oslofjord. Delrapport nr. 2. Miljøgifter i organismer 1992. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 541/93.

- Holtan G., 1990. Studier av eldre data. Teoretisk beregning av næringssaltstilførsler til ytre Oslofjord omkring 1910. Delrapport 4.4.a. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapp.nr. 398/90. NIVA-rapport l.nr. 2381.
- Johannessen, T. og E.Dahl, 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication? *Limnol. Oceanogr.* 41(4), 1996.
- Konieczny, R.M.,1992. Kartlegging og vurdering av forurensnings situasjonen i bunnsediment fra Oslo havnebasseng. Norsk institutt for vannforskning. Rapport l. nr. 2696.
- Konieczny, R.M.,1994. Miljøgiftundersøkelser i indre oslofjord. Delrapport 4. Miljøgifter i sedimenter. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 561/94. NIVA-rapport l.nr. 3094.
- Magnusson,J og Johnsen, T., 1994. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1993. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 565/94. NIVA-rapport nr. 3066.
- Magnusson, J., Lømsland; E.R. og Johnsen, T., 1996. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1995. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 661/96. NIVA-rapport l.nr. 3487:96.
- Magnusson,J., Konieczny, R. og Skei, J., 1995. Miljøgiftundersøkelser i indre Oslofjord. Delrapport 8. Forslag til mulige løsninger. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 612/95. NIVA-rapport l.nr. 3287.
- Rygg, B. og Thélin, I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Kortversjon. Statens forurensningstilsyn. SFT-veiledning nr. 92:02.
- Røysted, U.E., (1997). Måling av badevannskvalitetet i Oslofjorden 1996. Oslo vann-og avløpsverk, Miljøtilsyn.
- Wivestad, T.M., 1995. Forurensningstilførsler i Oslo og Akershus. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Miljøvern avdelingen. Rapport nr. 4. - 1995.